RAY

تكنولوجيا مستقبلات الأقمار الاصطناعية

التركيب • الصيانة • التعمية





تكنولوجيا مستقبلات الأقمار الاصطناعية

التركيب • الصيانة • التعمية

أسرار الاستقبال الفضائي التشابهي والرقمي وطرق التعمية والتشفير وإجرائيات إزالتها في كتاب عملي مفصّل

ترجمة وإعداد: الدكتور عبد الرحمن وهيبة
مراجعة: الدكتور سليم إدريس

تكنولوجيا مستقبلات الأقمار الاصطناعية

التركيب، الصيانة، التعمية

الطبعة الأولى 2000

الناشر : **شعاع للنشر والعلوم**

الفرانسيسكان فاكس: 00963 (21) 2244229
سورية حلب
ص.ب 7875

لمزيد من المعلومات يرجى زيارة موقعنا على الإنترنت
http://www.raypub.com
البريد الالكتروني
e-mail:raymail@raypub.com

تكنولوجيا مستقبلات الأقمار الاصطناعية

التركيب، الصيانة، التعمية

ترجمة

الدكتور عبد الرحمن وهيبة

مراجعة

الدكتور سليم ادريس

الإهداء

إلى ..

من علمني الاستقامة ... والديّ

نوافذ النور والأمل ... أولادي

ولكل شريف يعمل بإخلاص للنهوض بالأمة العربية

بسم الله الرحمن الرحيم

"هل يستوي الذين يعلمون والذين لا يعلمون"

صدق الله العظيم

مقدمــة

لقد أصبح للتقنيات الحديثة دورها الواضح والأساسي في حياة الشعوب. وأضحى أمر التعامل معها من متطلبات الحياة اليومية بعد أن تغلغلت هذه التقنيات المتطورة في مفاصلها الأساسية. فلم يبق هناك خيار من تقبلها، والوعي لدورها المتنامي في الحاضر والمستقبل.

تطورت تقنيات الاتصالات الفضائية بقفزات مذهلة. فقد كانت أنظمة الاستقبال المنزلية منذ 15 عاماً تعد بالآلاف ولكنها اليوم فقد أصبحت بالملايين. وقد تسارع في العالم انتشار سوق التلفزيون الفضائي في السنوات الأخيرة أكثر مما كان عليه في السنوات العشر التي سبقتها.

إنه من شبه المؤكد، أنه في الأعوام القليلة القادمة، سوف يغزو التلفزيون الفضائي كل بيت، وسوف تكون وصلات الإنترنيت السريعة هي وسيلة المخاطبة بين الناس. و لم يحدث في تاريخ البشرية أن توفرت فرص عمل جديدة، وإمكانات للتطوير الذاتي، كما وفرته "ثورة" المعلومات والاتصالات الحالية.

يعتبر هذا الكتاب من المراجع الفنية القليلة التي احتوتها المكتبة العربية عن التلفزيون الفضائي ووسائط نقل الصورة التشابهية والرقمية. حيث يشرح بالتفصيل، وبطريقة سهلة مبسطة موضحة بكثير من الصور والأشكال، مختلف أجزاء أنظمة الاستقبال التلفزيوني عبر الأقمار الاصطناعية. ويبين الطرق الفنية التي تتبع في التركيب والفحص والإصلاح.

لقد تضمن فصولاً تشرح تقنية الاستقبال الرقمي وضغط الإشارة التي مكنت من تفجير انتشار القنوات الفضائية، حيث أصبح بالإمكان إرسال ست قنوات تلفزيونية على الأقل ضمن الحزمة المخصصة لقنال واحدة.

يوجد أيضاً شرح مفصل لطرق التعمية والتشفير وإجرائيات الإزالة، بالإضافة إلى دراسة لأمثلة عملية مطبقة في الأنظمة الأوربية والأمريكية.

لقد خُصص فصل لمعالجة أنظمة الاستقبال الفضائي عبر شبكة الإنترنيت. وفصل آخر للتلفزيون عالي التعريف HDTV. وفصل ثالث لنظام استقبال تلفزيوني رقمي مشترك باعتماد هوائي رئيسي وشبكة توزيع.

يحتوي الكتاب أيضاً على الإرشادات الفنية اللازمة للتشغيل والصيانة، وتجهيز ورشة فنية حديثة. لذلك فهو مفيد جداً للمهندسين والفنيين ولكل من يقتني -أو يود اقتناء- مستقبل للإشارة التلفزيونية الفضائية، سواءاً كان تشابهياً أو رقمياً.

لقد بذلتُ جهداً كبيراً في جمع المعلومات، ونقلها عن مصادرها. وأعني كتاب The digital satellite TV handbook، وكتاب World satellite TV and scrambling methods لقد عانيت الكثير في نقل الأفكار التي وضعها مؤلفون أمريكيون وخبير إيرلندي، ساهموا فعلياً في تطوير تقنية مستقبلات التلفزيون الفضائي ونشرها وتسويقها عالمياً. وكان ذلك ليتمكن القارئ العربي من أن يلمّ بعناصر المعرفة الضرورية للتعامل مع هذا الوافد الجديد.

إن من واجبي أن أشكر الدكتور سليم إدريس الذي راجع محتويات الكتاب، وساهم في توحيد المصطلحات والتسميات الواردة فيه. وكذلك المهندس هيثم قباني -مدير دار شعاع للنشر- وللعاملين كل التقدير، لما قدموه من دعم لكي يرى هذا الكتاب النور.

أرجو أن أكون قد وفقت، في إضافة لبنة إلى بنيان الثقافة التقنية العربية.وسوف أعتذر مسبقاً عن كل هفوة قد يجدها القارئ. والله في عون العبد مادام العبد في عون أخيه.

والحمد لله رب العالمين.

حلب في 8 شعبان 1421 الموافق 5 تشرين الثاني 2000

الدكتور المهندس

عبد الرحمن وهيبة

1

نظام التلفزيون بالأقمار الاصطناعية

لمحة تاريخية

في يوم 14 شباط من عام 1963، أطلق قمر اتصالات فضائي صغير Syncom1 من قاعدة كاب كانفيرال الأمريكية. وهذا القمر لم يكن الأول ولم يرجى له أن يلقى شهرة الأقمار التي سبقته وهي سبوتنيك، تل ستار وإيرلي بيرد Earlybird ولكنه كان الأول مما يسمى اليوم بأقمار الاتصالات المستقرة بالنسبة للأرض geostationary.

لقد جرى أول اتصال تلفزيوني عبر الأقمار الاصطناعية في العاشر من تموز من عام 1962 من خلال تلستار وقد ساهمت أربع محطات أرضية في نقل الإرسال وهي واحدة في فرنسا، وأخرى في إنكلترا، وكذلك محطتين في الولايات المتحدة. وتم خلال الإرسال نقل إشارات مستقطبة دائريا.

وبما أن تلستار لم يكن قمراً مستقراً فوق الأرض، وكان يؤمن الاتصال عبر الأطلسي لمدة ست و ثلاثين دقيقة فقط خلال كل دورة. لذلك كان الوقت غير كافٍ للعاملين في المحطة الانكليزية لتعويض الأخطاء الناجمة عن الاستقطاب. وكان على المشاهدين في بريطانيا الانتظار حتى الساعة الواحدة و دقيقتان من صباح اليوم التالي لرؤية الصور الأولى من البث التلفزيوني عبر القمر الاصطناعي. بينما التقط الفرنسيون الصورة بوضوح من المرة الأولى. ولقد فتحت هذه التجربة آفاقا جديدة في تطور هذه التقنية.

أثبت القمر Syncom1 النظرية القائلة بأنه إذا توضع جسم في مدار دائري على ارتفاع 35,780كم في الفضاء، فإن سرعة دورانه تكون مساوية لسرعة دوران الأرض. و يبدو كأنه مستقراً إذا نظر إليه من الأرض. يسمى هذا الموقع من المدار بالمدار المستقر الأرضي أو حزام كلارك تيمناً بالمؤلف Arthur Clarke وهو أول من اقترح إنشاء شبكة اتصالات فضائية عام 1945 في مقالة نشرت في مجلة Wireless World Magazine . أما اليوم وبعد أكثر من ثلاثين عاماً من إطلاق Syncom1 فهناك ما يزيد على 150 قمراً اصطناعياً في حزام كلارك. ويبقى للأقمار الأولى Syncom1، Telstar1، Early Bird السبق التاريخي و قد سُحبت هذه الأقمار من الخدمة الفعلية منذ مدة طويلة.

إن البث عبر الأقمار الاصطناعية أصبح اليوم شائعا كالخبز و مدراء الأخبار يقررون ما يشترونه من أخبار مرئية لبثه في جريدة المساء قبل ثلاث ساعات فقط من الإرسال على الهواء .

الدور الذي لعبته شركة AT&T

في بداية الستينات، قادت شركة AT&T (American Telephone & Telegraphy) بالاشتراك مع شركات أوربية للبريد و الهاتف PT&T (Postal Telephone & Telegraph commissions) عملية ربط أمريكا بأوربا عبر خطوط هاتفية تجتاز المحيط الأطلسي. ومع التزايد المستمر في حجم المكالمات الهاتفية. بدا واضحا ازدياد الحاجة لشبكات جديدة.

هناك العديد من مساوئ مد شبكة خطوط تحت الماء. فالفقدان العالي للإشارة، وصدى المكالمات بين المتحدثين كانت من العوامل المزعجة. كذلك كان من الضروري نصب مئات المضخمات بين شمال أمريكا وأوربا. إن المبالغ اللازمة لإنشاء وصيانة هذه الشبكات كانت عالية جدا. ودلت الإحصائيات على أن عدد المكالمات سيتضاعف سبع مرات من عام 1965 إلى 1975. لذلك كان الأمر سيتطلب مد سبع أضعاف عدد الخطوط التي كانت قائمة على الأقل لتلبية حاجة السوق. و كانت العقبة الكبرى و الأساسية متمثلة بأن البث التلفزيوني بالزمن الحقيقي لا يمكن تحقيقه عبر خطوط تحت الماء.

خلال هذه المدة، كانت شركة AT&T ، وشركات الاتصالات الأخرى، قد حددت المجالين الترددين (3.7 إلى 4.2) و (5.9 إلى 6.4) جيغاهرتز لإرسال الصوت والإشارة التلفزيونية عبر الولايات المتحدة من نقطة لأخرى بواسطة مرحلات ميكروية. وكان رأس المال المستثمر في إنشاء شبكة الاتصال هذه إضافةً إلى كلفة الصيانة والتشغيل، أقل بكثير من تلك المرتبطة بإقامة اتصال بخطوط النقل المحورية الكلاسيكية.

إن الحل لهذه المعضلة، كان يمكن أن يكون باستخدام الأمواج الميكروية لتأمين الاتصال عبر الأطلسي، ولكن الأمواج الميكروية لا تتقوس وتتبع مسار كروية الأرض، إذ أنها تبث وتستقبل ضمن خط النظر. و إن إقامة سلسلة من أبراج المرحلات العائمة ليس بالحل العملي ولكن إنشاء محطة ترحيل وحيدة بارتفاعٍ كافٍ فوق سطح الأرض يمكن أن تحقق خط النظر بين القارتين الأوربية والأمريكية. و كان الحل البديل لهذه المسألة هو القمر الاصطناعي للاتصالات والمسمى Telstar I.

الأقمار الاصطناعية التجارية الأولى
Comsats

القمر الاصطناعي التجاري " Commercial Satellite " الذي جرى إطلاقه في 10 تموز 1962 و أخذ تسمية Telstar I ، كان بإمكانه ربط 600 مكالمة هاتفية أو نقل قنال تلفزيونية واحدة. لم يكن مفهوم حزام كلارك قابلاً للتنفيذ حينئذٍ، وبذلك فقد أطلق Telstar في مدار إهليلجي بزاوية ميلان 44درجة.

جرى حساب مسار Telstar بحيث تكون أعلى نقطة في مداره الإهليلجي فوق الأطلنطي أثناء ساعات الذروة في اليوم. يبدو القمر الاصطناعي عند موقعه في الأوج، وكأنه يتباطأ بالنسبة لمراقب على الأرض و بذلك يستمر بقاؤه لفترة أطول في منطقة محدودة من السماء و بالتالي يمكن التقاطه بسهولة أكبر.

تم خلال سنة، إطلاق مرّحلة ميكروية لإعادة البث والقمر الاصطناعي التجاري الثاني Telstar II. وبوجود ثلاثة أقمار اصطناعية تدور حول الأرض أصبحت التغطية التلفزيونية للكرة الأرضية حقيقة واقعة. وأضحى الإرسال التلفزيوني المسائي يبث أخباراً تشمل مزيداً من الحوادث التي تحصل في اليوم ذاته و أصبحت " الحياة عبر القمر الاصطناعي "مفتاحاً لصناعة الاتصالات.

الأقمار الاصطناعية المستقرة بالنسبة للأرض
Geostationary Satellites

إن الولادة الفعلية للاتصالات الفضائية كان في عام 1962، حيث أطلق في ذاك العام قمرين استقرا في المدار الثابت بالنسبة للأرض وكان السباق الشهير للوصول إلى القمر حيث أصبحت وكالة الفضاء الأمريكية (NASA) من أميز وأشهر وكالات الحكومة الأمريكية.

خلال عام 1965، جرى إطلاق Early Bird والمعروف أيضاً بـ Intelsat I والذي ربما حقق أوسع شهرة كقمر اصطناعي ثابت ومستقر فوق المحيط الأطلسي، وكان الأول من سلسلة مرقمة من الأقمار الاصطناعية Intelsat، عشرون منها تقريباً لا زالت تؤدي خدمات للكرة الأرضية بكاملها.

أوجد هذا القمر العالمي صيغة جديدة للاتصالات بين أوربا و الولايات المتحدة. غير أن إمكاناته لا تقارن بالوسائط الحديثة. فالقمر Intelsat يستطيع نقل قنال تلفزيونية واحدة أو 240 مكالمة باتجاهين و يتميز عن القمر Telstar والمرّحلة الذين لهما نفس الإمكانية بأنه الأول من نوعه الذي وفّر خدمة على مدار 24 ساعة يومياً، إضافة لكونه مستقراً في مكانه على المدار، فلا حاجة لهوائيات مكلفة و معقدة لالتقاطه.

في عام 1972، حصل تقدم كبير في تقنية الاتصالات الفضائية حين أطلقت المركبة الفضائية الكندية Anik1 وكانت بمثابة القمر الاصطناعي المستقر المحلي الأول الذي صمم ليلبي خدمات الاتصالات الهاتفية والبث التلفزيوني عبر كندا حصراً. وفي عام 1974، جرى إطلاق القمرين الاصطناعيين المحليين Westar I و 2 ليغطيا الولايات المتحدة بعد أن استقرا على مدار ثابت وكانا شبيهان بالقمر Anik بحيث يمكن لهما استقبال وإعادة إرسال 12قنال تلفزيونية أو 14400 مكالمة هاتفية آنياً.

إن الخطوة الواسعة نحو نظام البث التلفزيوني الفضائي المباشر (DBS (Direct Broadcast satellite و TVRO (Televison Receive-Only) كان بإطلاق القمرين Satcom1 في عام 1975و Satcom 2 في عام 1976. كل من القمرين له القدرة على إعادة بث 24 قنال تلفزيونية، أي ضعف الامكانية المتاحة للأقمار Anik I وwestar1 و2 .وكان ذلك بالاستفادة من إعادة استخدام الطيف الترددي بتراكب الإشارات المختلفة الاستقطاب.

لقد كان القمر الاصطناعي Satcom أول مركبة فضائية صممت لاستقبال برامج المحطات التلفزيونية المبثة من شركات الكبل المحوري التلفزيوني. فقد نقلت شبكة HBO (Home Box Office) بطولة الملاكمة بين كلاي— فريزر من مانيلا ليلة 30أيلول 1970 ، وكان المشاهدون المشتركون في نظام الكابل

المحوري المشترك وكذلك خمسون ممن يمتلكون محطات خاصة للاستقبال هم من أوائل من استمتع بهذه الخدمة.

في بداية السبعينات، ظهرت في العالم العديد من الشركات التي تملك محطات أرضية ميكروية للاتصالات الهاتفية التي تعمل في الحزمة C ، وكان لابد من تحديد الاستطاعة التي ينقلها القمر الاصطناعي في المجال الترددي ذاته إلى المستوى الذي لا يسبب تداخلات أرضية مع الوصلات الميكروية. لذلك تم الاتجاه في السنوات الأخيرة نحو استخدام الحزمة Ku انظر (الجدول 1-1).

Uplink	Downlink	Band	Service Type
5.855–6.055	2.535–2.655	S	Broadcast
5.725–5.925	3.400–3.700	Extended C	Fixed
5.925–6.425	3.700–4.200	C	Fixed
6.425–7.075	4.500–4.800	Extended C	Fixed
7.900–8.400	7.250–7.750	X	Military
12.75–13.25	10.70–10.95	Ku	Fixed
14.00–14.50	10.95–11.20	Ku	Fixed
	11.20–11.45	Ku	Fixed
	11.45–11.70	Ku	Fixed
	11.70–12.20	Ku	Fixed (Americas)
	11.70–12.25	Ku	Fixed (Asia)
	12.50–12.75	Ku	Fixed
17.30–17.80	12.25–12.75	Ku	Fixed (Asia/Pacific)
17.30–17.80	12.20–12.70	Ku	Broadcast (Americas)
17.30–18.10	11.70–12.50	Ku	Broadcast (Europe)

جدول 1-1 توزيع المجال الترددي على الأقمار الاصطناعية في العالم

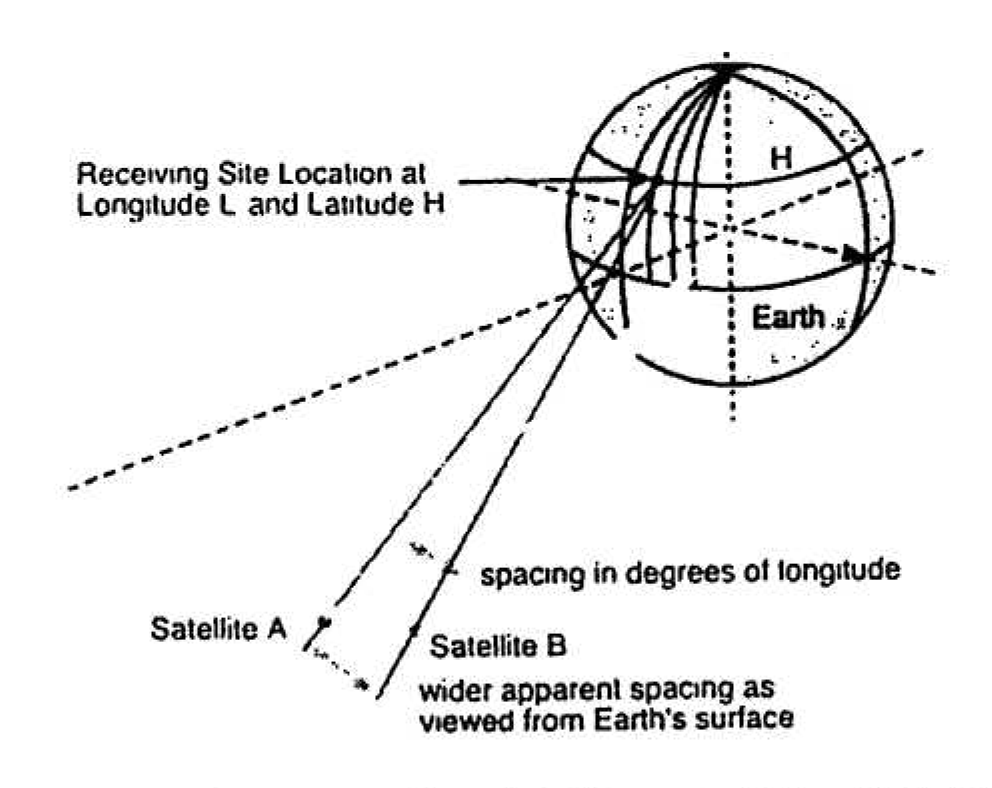
إن أول التوابع الصنعية التجارية في الحزمة Ku قد ظهرت في نهاية السبعينات وبداية الثمانينات، حيث أنَّ القليل من شبكات الاتصالات الأرضية اعتمدت هذا المجال الترددي، وبذلك كانت الفرصة متاحة لنقل إشارات عالية الاستطاعة مقارنة بالحزمة C التي تسبب حالة التداخل الأرضي (الشكل 1-1).

10.7 10.95 11.2 11.45 11.7 11.95 12.2 12.5 12.75
PAS-7 | PAS-7 | U.S. FSS SATELLITES | U.S. BSS SATELLITES
ASTRA 1C | ASTRA 1D | ASTRA 1A | ASTRA 1B | ASTRA 1E | ASTRA 1F | ASTRA 1G
HOT BIRD | EUTEL SAT 2 | HOT BIRD | EUTEL SAT 2 | EUROPEAN BSS SATELLITES/HOT BIRD | EUTEL SAT 2
INTEL-SAT | INTEL-SAT | PAS-BSAT | MEA-SAT 1 | INTEL-SAT
MEA-SAT 1 | INTELSAT K | ASIA/PACIFIC FSS SATELLITES
PALAPA C2 | ASIA-SAT 2 | THAI-COM 2

شكل 1-1 أقمار اصطناعية SSF و SSB تعمل في الحزمة Ku حسب تقسيم المناطق في العالم والذي اعتمده الاتحاد الدولي للاتصالات IUT.

مواقع الأقمار الاصطناعية

يجب أن تفصل زاوية مقدارها درجتان بين قمرين اصطناعيين متجاورين يخدمان منطقة جغرافية واحدة لتجنب التداخل بينهما، وقد تكون الزاوية أكبر من ذلك في حالة الأقمار التي تبث إشارات التلفزيون الرقمي بسبب صغر قرص هوائي الاستقبال (قطره أقل من 1.2 متراً)، والذي يكفي لالتقاط إشارات الأقمار المتجاورة. وينبغي التنبه دائماً إلى أن المدار الثابت هو دائرة والنقطة المرجعية في حساب خطوط الطول هي مركز الأرض، لذلك سوف يكون البعد الظاهري بين قمرين اصطناعيين أكبر من البعد الحقيقي لزوايا خطوط الطول بينهما (شكل 1-2).

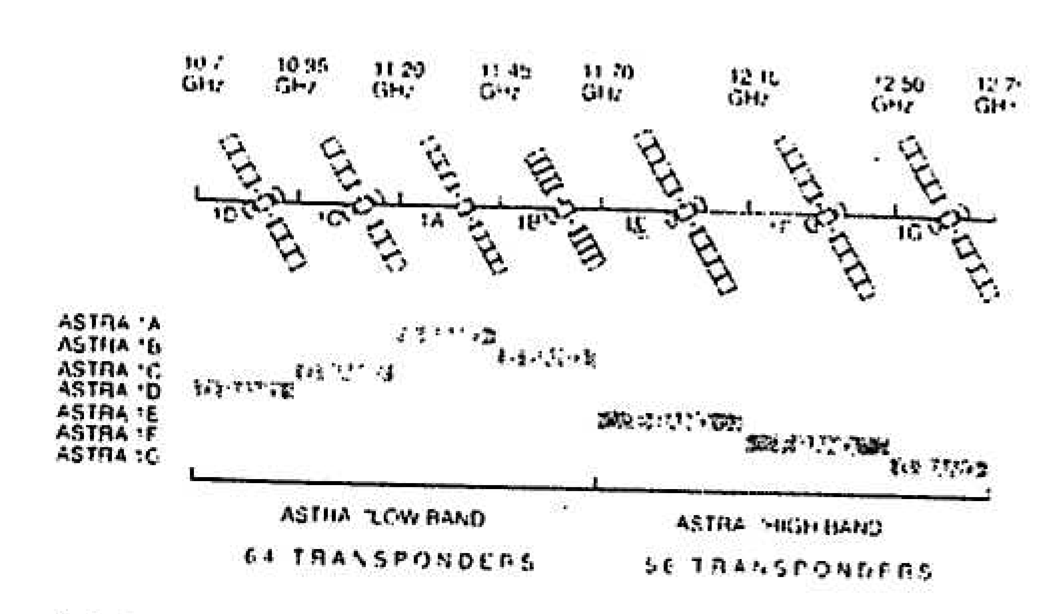


شكل 1-2 البعد الظاهري بين الأقمار الاصطناعية هو تابع لإحداثيات خط الطول والعرض لموقع الاستقبال. وكذلك يتبع أيضاً خط الطول للقمرين الموضوعين تحت المراقبة.

للتخفيض من ازدحام الأقمار الاصطناعية، لجأ الفنيون إلى تشكيل كوكبة "Constellation" من الأقمار تشترك بمدار واحد وتستخدم مجالاً ترددياً جديداً هو امتداد للحزمة C.

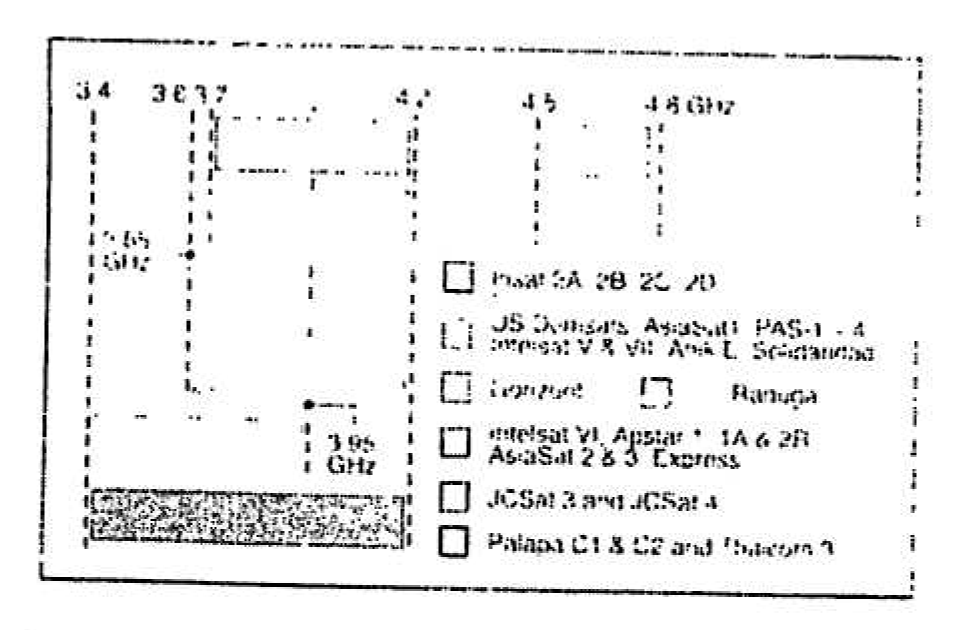
القمر الاصطناعي Astra هو من الأمثلة على استخدام نظام المدار المشترك و يتألف من ست مركبات فضائية متوضعة عند خط طول 19.2 درجة شرقاً (شكل 1-3)، كل منها يعمل ضمن حزمة ترددية خاصة من المجال (10.7-12.75) جيغا هرتز.

إن الميزة الأولى لنظام الكوكبة هو قدرة هوائي ثابت واحد على استقبال مئات من المحطات التلفزيونية والراديوية دون الحاجة لتغيير اتجاهه.



شكل 1-3 كوكبة القمر الاصطناعي Astra المتوضعة على خط طول 19.2 درجة شرقاً.

إن مجموعة الأقمار الاصطناعية Thaicom المتوضعة على خط طول 78.5 درجة شرقاً تؤمن 22 قناال في الحزمة C (3.7-4.2 جيغا هرتز)، إضافةً إلى 12 قنال أخرى في امتداد الحزمة C (3.4-3.7 جيغا هرتز). وهذه المجموعة من الأقمار تحمل أيضاً مجيبات لإشارات هابطة في الحزمة من 12.25 و12.75 جيغا هرتز. كذلك توجد مجموعة الأقمار الهندية 2B و2C المتواجدة عند خط طول 93.5 درجة شرقاً، والتي يحتوي كل منها على 12 مجيباً يعمل في الحزمة C التقليدية، إضافةً إلى 6 مجيبات في امتداد C والتي تبث إشارات هابطة في المجال من 4.5 وحتى 4.8 جيغا هرتز (شكل 1-4).

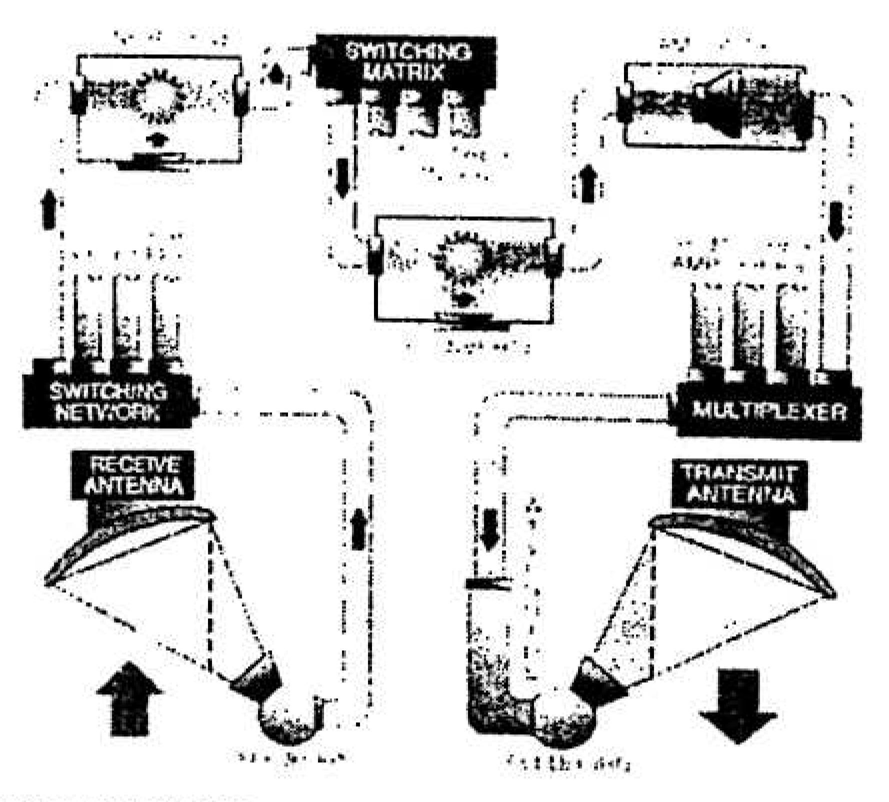


شكل 1-4 الوصلة الهاتفية في الحزمة C لمختلف الترددات. تعمل المجيبات في اجزاء من الطيف الممتد من 3.4 وحتى 4.8 جيغا هرتز وهذه دون 3.7 واعلى من 4.2 جيغا هرتز المسماة بالحزمة C.

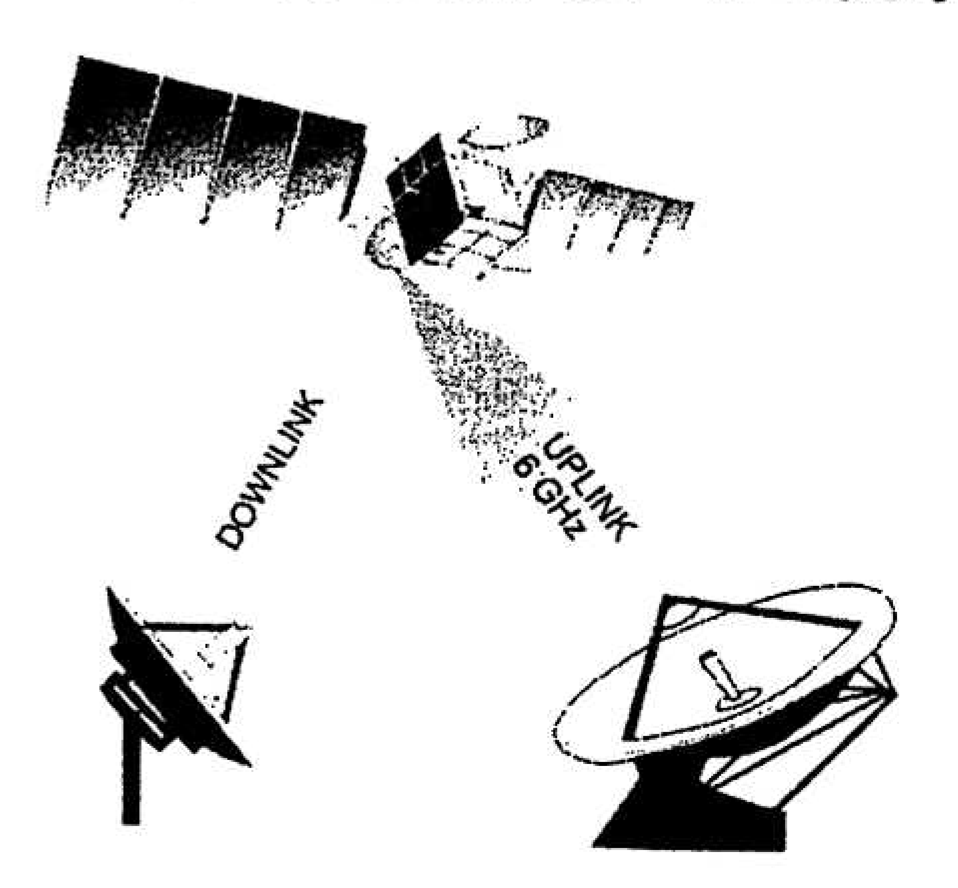
المجيب Trasponder في الأقمار الاصطناعية

يمكن تشبيه القمر الاصطناعي ببرج اتصالات بارتفاع 22.300 ميلاً، ومن موقعه العالي، يمكنه تغطية 42.2 بالمئة من السطح الكلي للكرة الأرضية.

إن كل مجيب هو عبارة عن مكرر لإشارة فضائية، إذ يتضمن مستقبل محمول يقوم بمعالجة إشارة الوصلة الصاعدة "uplink" التي تبثها المحطة الأرضية باتجاه القمر الاصطناعي وذلك بتردد معين، ومن ثم يعيد إرسالها بتردد مختلف من خلال الوصلة الهابطة "downlink" (شكل 1-5 و 1-6). فمثلاً، تتضمن كل قنال زوجاً من الترددات، فالوصلة الصاعدة في المحطة الأرضية تعمل بتردد 6 جيغا هرتز، والقمر الاصطناعي يعيد الإشارة بوصلة هابطة بتردد 4 جيغا هرتز، يتميز كل مجيب بجزء محدود من الطيف الترددي - عرض الحزمة- الذي يستخدم لترحيل إشارة أو أكثر من المحطات الأرضية.



شكل 1-5 المجيب هو مجموعة مؤلفة من مستقبل الوصلة الصاعدة ومرسل الوصلة الهابطة والتي تقوم بترحيل إشارة او اكثر.



شكل 1-6 يستخدم المجيب زوجاً من الترددات. الأول لاستقبال إشارة الوصلة الصاعدة، والآخر لإرسال إشارة الوصلة الهابطة.

يمكن أن يتراوح عرض الحزمة من 24 ميغا هرتز إلى 108 ميغا هرتز.

يرتبط الحد الأعظمي لمعدل تدفق المعطيات المسموح به باستخدام مجيب معين مباشرةً بعرض حزمة المجيب.

مستويات الاستطاعة للأقمار الاصطناعية

يعبر عن قوة الإشارة بكمية تسمى (Effective (EIRP) Isotropic Radiate Power) ، وتقاس بالديسبل، إن زيادة مقدارها 3dBW تمثل ضعف شدة الإشارة، وكذلك 10dBW فهي تعني زيادة 10 أمثال، وأيضاً 20dBW تمثل مئة ضعف.

إن الأقمار الاصطناعية ترسل عادةً إشارات في الحزمة C ضمن المستوى من 31dBW إلى 40dBW.

تقع أقوى الإشارات في مركز فتحة الإشعاع. إن قطر الهوائي المطلوب لاستقبال صورة تلفزيونية واضحة ونظيفة يجب أن يتراوح من 1.8 إلى 3.7 متر وذلك حسب موقع الاستقبال.

إن مستوى الإشارة في الحزمة Ku يكون أعلى منه في الحزمة C ويتفاوت بين 47dBW و 56dBW، أي يزيد بمقدار 16dBW، لذلك فإن قرصاً هوائي بقطر 30 سم يمكن أن يكون كافياً لالتقاط إشارة في الحزمة Ku، وهذا الانخفاض الملموس في قطر الهوائي يقلل من كلفة تجهيزات الاستقبال ويجعل متطلبات التركيب أقل تعقيداً.

وصلة الاتصال بالقمر الاصطناعي

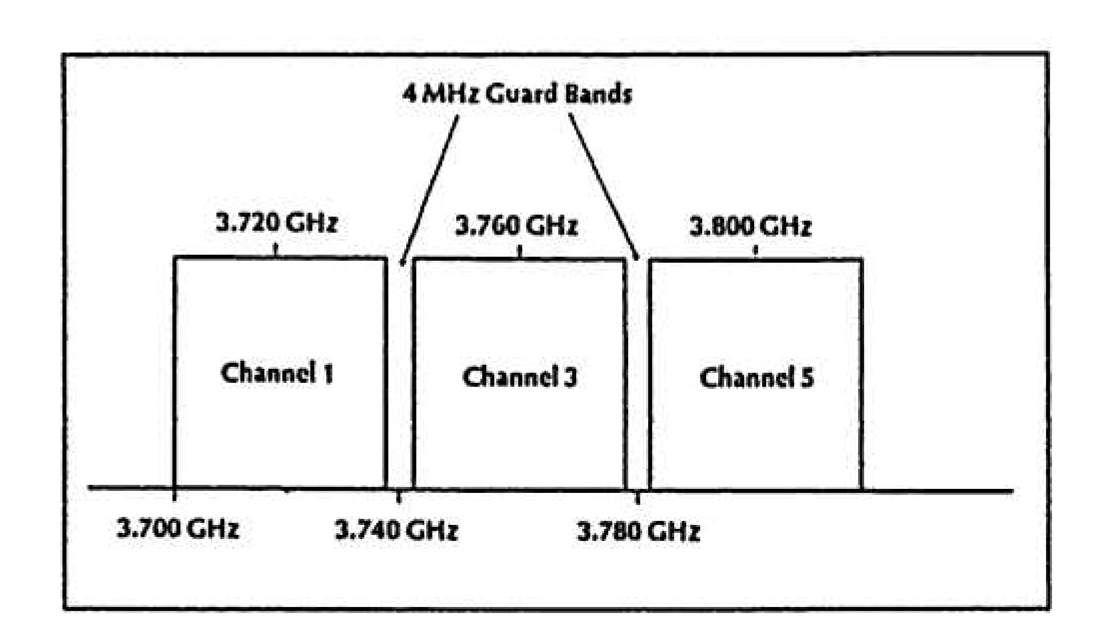
هناك عددٌ من العوامل التي تحكم عمل وصلة القمر الاصطناعي، وهي تردد العمل، وطرق استقطاب الإشارة و تقنية التعديل الترددي المستخدم.

تحديد تردد العمل

كانت شركة AT&T بمثابة القوة الدافعة لتطوير الاتصالات عبر الأقمار الاصطناعية واستثمارها تجارياً، وذلك لملكيتها للوصلات الميكروية التي تغطي الولايات المتحدة. وكان طبيعياً أن تهتم بأنظمة الاتصالات عبر المحيط الأطلسي، كنتيجة لذلك فإن المجال الترددي المحجوز لشركة AT&T من أجل تأمين الوصلات الميكروية الأرضية جرى اعتماده لوصلات الأقمار الاصطناعية التي تملكها الشركة ذاتها وفي الوقت الذي اتخذ فيه هذا القرار الفني لم يكن هناك رؤية واضحة لكيفية تطور نقل الإرسال التلفزيوني عبر الأقمار الاصطناعية لدى أية جهة حكومية. ولسوء الحظ فإن التداخل الترددي بين النظامين قد أدى إلى نشوء بعض مشاكل الاستقبال لتجهيزات الأقمار الاصطناعية والمعروفة بالتداخل الأرضي.

إن الطيف الترددي الموزع بين الشركات الرئيسة مثل AT&T وما لكي الأقمار الاصطناعية الأخرى من دول العالم، يسمى بالمجال الترددي C (انظر الجدول 1.1). يُستخدم الجزء السفلي من هذا المجال (7.3 إلى 4.2) جيغاهرتز لإشارات الوصلة الهابطة للأقمار الاصطناعية، أما الوصلة الصاعدة فيتم إرسالها في المجال الترددي من 5.9 إلى 6.4 جيغاهرتز. و 1Ghz هو اختصار لجيغاهرتز ويساوي مليار هزة في الثانية. إن ترددات الحزمة C هي أعلى قليلاً من عشرة أضعاف ترددات الحد العلوي لحزمة الإرسال التلفزيوني VHF.

إن عرض الحزمة الكلي في المجال C والمستخدمة في إشارات الوصلة الهابطة هي 500 ميغاهرتز (1ميغاهرتز يساوي مليون هزة بالثانية). هذا الطيف مقسم إلى أقنية بعرض 40 ميغاهرتز وذلك بالنسبة للأقمار الاصطناعية الأمريكية وبذلك فإنه يمكن إرسال 12 قنال ضمن هذا الطيف (12×40 = 480 ميغاهرتز) ويبقى 20 ميغاهرتز لإشارات التحكم بالقمر الاصطناعي ولِحُزَم الحماية. يمكن استخدام المجال 500 ميغاهرتز مرتين إذا تم إرسال نوعين من الإشارات المستقطبة بزوايا قائمة بالنسبة لبعضها البعض، هذه التقنية تسمح بإرسال 24 قنال تلفزيونية كل منها تحتل حزمة بعرض 40 ميغاهرتز وذلك من خلال قمر اصطناعي واحد يعمل ضمن الحزمة C (انظر الشكل 1-7 و1-8).



شكل 1-7 تحديد تردد المجيب ضمن حزمة C.

التردد المركزي للمجيب (1) يساوي 3720 ميغاهرتز. أما التردد المركزي للمجيب 3 فهو أعلى بمقدار 40 ميغاهرتز. إ ن لكل مجيب حزمة ترددات بعرض 40 ميغاهرتز ولها مجال حماية مقداره 2 ميغاهرتز من كل جانب وبذلك يبقى 36 ميغاهرتز لنقل المعلومات.

مع تطور الاتصالات عبر الأقمار الاصطناعية، فإن مناطق أعلى من الطيف الترددي قد جرى استكشافها. ومن بين الحزم الترددية التي خصصت، هناك ثلاث حزم عالية التردد تم استخدامها في الإرسال للبث المباشر DBS، ضمن الحزمة Ku وهي 10.9-11.7 ، 11.7-12.2 وأيضاً 12.2-12.7جيغاهرتز (انظر الجدول1-2). وعلى الرغم من أن عرض المجال الترددي للحزم الثلاث هو 500 ميغاهرتز غير أن البعد الترددي بين مجيب وآخر وكذلك عرض المجال محددين بوضوح كما هو الحال في الحزمة C. إن عرض الأقنية للأقمار الاصطناعية التي تدور حول الأرض وتعمل في الحزمة Ku يتراوح بين 14 و 125 ميغاهرتز، وبذلك فإن العدد الكلي لهذه الأقنية في المجال Ku يتغير من 6 إلى 40 قنال حسب طبيعة القمر الاصطناعي و القنال. يبث القمر الاصطناعي الأوربي حالياً البرامج التلفزيونية في الحزمة Ku وفي المجال FSS (Fixed Satellite Service) الذي تم تقسيمه إلى ثلاث مجالات فرعية هي: المجال من 10.90 إلى 11.2 والمجال من 11.2 إلى 11.45 والمجال من 11.45 إلى 11.7 جيغاهرتز .

إن تطور المركبات الفضائية والانطلاق نحو أنظمة الدفع بالتأين، قلل من الحاجة إلى الوقود اللازم لوضع القمر الاصطناعي في المدار وبذلك يزداد وزن الحمل المفيد من مجيبات إضافية وهوائيات ذات حزم إضاءة نقطية.

ففي عام 1998 استبدلت كندا القمر الاصطناعي Anik بآخر يمكنه حمل 84 مجيباً Transponders، يعمل منها 48 في الحزمة Ku و 36 في الحزمة C.

3.720 (TR1) 3.740 (TR2) 3.760 (TR3) 3.780 (TR4) 3.800 (TR5)

شكل 1-8 صورة لمحلل الطيف. هذه الصورة للطيف تبين استجابة الأقنية من 1 إلى 5. الأقنية 2 و4 مستقطبة عرضياً لذلك فهي ذات مستوى اخفض من الأقنية 1,3,5. التردد المركزي متوضع عند 3.760 جيغاهرتز وقد ضبط تدريج محلل الطيف على وضعية 10 ميغاهرتز/تدريجة. المستوى المرجعي الأعلى 54dBm-.

المنطقة 1: أوربا، الشرق الأوسط وأفريقيا من 35° شرقاً إلى 56° غرباً.	
خدمات الأقمار الاصطناعية الثابتة (FSS) :	من 11.20 إلى 10.95 11.45 إلى 11.20 11.7 إلى 11.45
خدمات البث المباشر (DBS):	من 11.70 إلى 12.75
مجال الخدمات للأعمال الحرة :	من 11.50 إلى 12.75
المنطقة 2 :أمريكا الشمالية و الوسطى و الجنوبية من 57° إلى 146°	
خدمات الأقمار الاصطناعية الثابتة (FSS) :	من 11.70 إلى 12.20
خدمات البث المباشر (DBS) :	من 12.20 إلى 12.70
المنطقة 3 :الهند ،آسيا و المحيط الهادي 170° غرباً إلى 40° شرقاً	
الخدمات الثابتة و خدمات البث المباشر:	من 11.70 إلى 12.75

جدول 1-2 ترددات الأقمار الاصطناعية ITV في الحزمة Ku (بالجيغاهرتز).

استقطاب الإشارة

يمكن بث إشارتين مختلفتين ضمن نفس المجال الترددي بدون تداخل، لأن الأمواج الراديوية يمكن أن تكون مستقطبة بشكل مختلف عن بعضها. ونستطيع تصميم هوائي يلتقط الإشارة المستقطبة أفقياً دون أن يلتقط الإشارة ذات الاستقطاب الشاقولي، وهذه الإمكانية تسمى بتمييز الاستقطاب. المسألة الحرجة هنا هي عدم قدرة الهوائي على التقاط الإشارات المتصالبة، ففي أمريكا الشمالية مثلاً يتم البث التلفزيوني الأرضي وفق الاستقطاب الأفقي وبذلك فإن هوائيات التلفزيون ينبغي أن توجه أفقياً لاستقبال الإرسال، فإذا تم تدويرها بزاوية 90° لتصبح في وضع عمودي فإن الاستقبال سيضعف حتماً. إن الإشارات المستقطبة أفقياً هي فقط التي يتم إرسالها بالبث التلفزيوني المعياري في المجالVHF لأنها تغطي مناطق أوسع باستخدام هذا المجال الترددي. و بما أن أنظمة الهوائيات يمكن تصميمها باستجابة جيدة للاستقطاب فإنه من الممكن إرسال إشارات مستقطبة أفقيا وشاقولياً على أن تكون متقاربة ترددياً. ومع ذلك فإن الرفض أو الكبت ليس كافياً ليسمح بإرسال إشارتين لهما نفس التردد

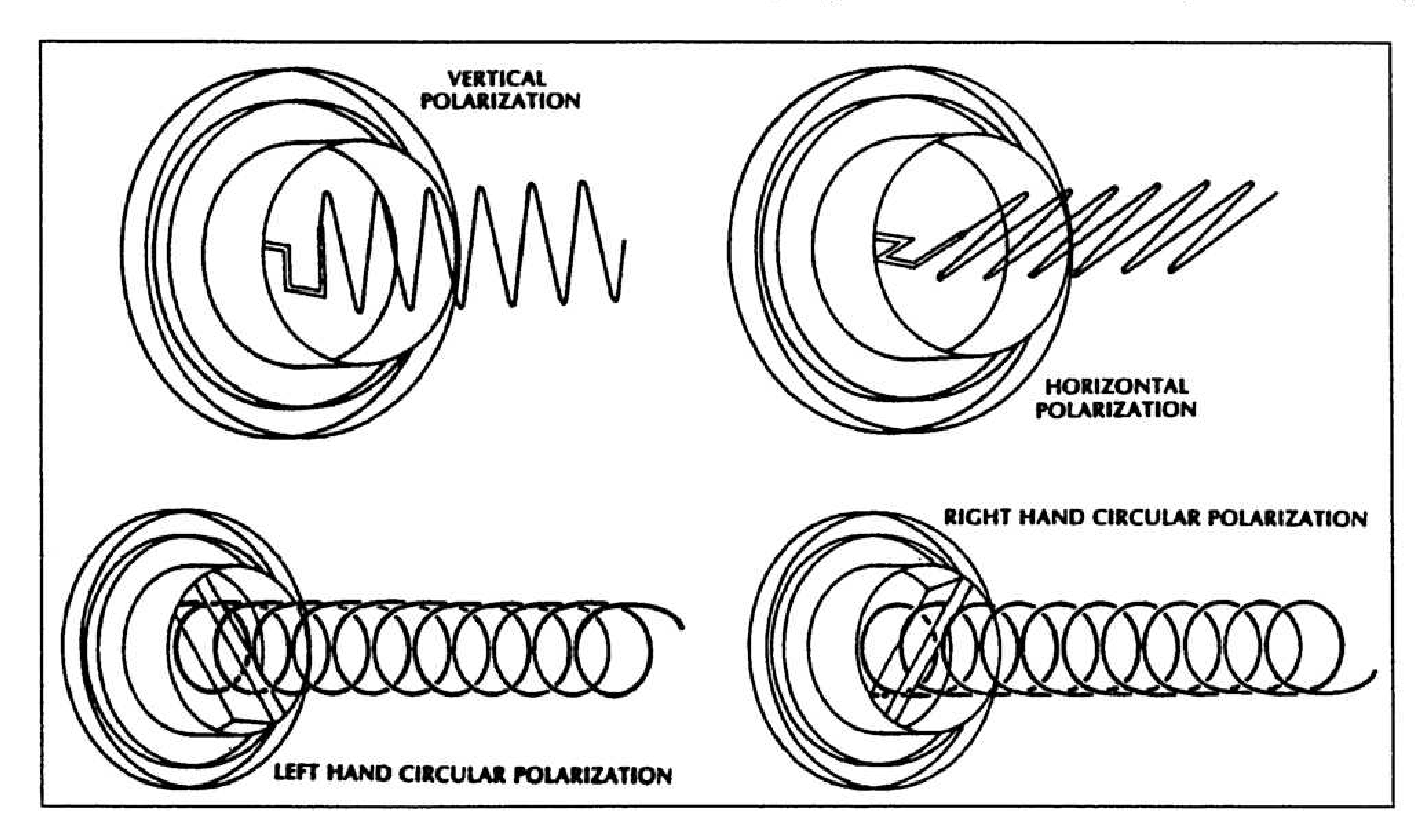
ومتعاكستين بالاستقطاب، بدلاً من ذلك تُحرف ترددات الإشارات (انحراف قليل). يمكن إرسال إشارات الأقمار الاصطناعية بواحدة من أربع حالات استقطاب وهي: الأفقي والشاقولي الخطي والدائري اليميني والدائري اليساري (انظر الشكل 1-9) حيث تدور الإشارة المستقطبة دائرياً أثناء المسير مع عقارب الساعة للاستقطاب الدائري اليميني؛ وعكس عقارب الساعة للاستقطاب الدائري اليساري بينما تهتز الأمواج المستقطبة خطياً في مستوى واحد بحيث يتعامد الاستقطاب الأفقي مع الاستقطاب الشاقولي بزاوية 90°.

طرق تحويل الاستقطاب

إن أنظمة الاستقبال TVRO لم تكن في بداياتها تتطلب طريقة لاختيار الاستقطاب. لأنه حتى عام 1978 كانت جميع الإشارات المرئية تقريباً تُبث بالاستقطاب الأفقي، والاتصالات الهاتفية هي فقط التي كانت ترسل بالوصلة الصاعدة اعتماداً على الاستقطاب الشاقولي.

إن الأقمار الاصطناعية الثلاثة الأولى Westar والمسماة Anik2، 3 وB كانت تبث 12 قنال فقط وجميعها بالاستقطاب الأفقي. وفي ذلك الوقت كان من الواجب إدارة مغذي الهوائي يدويا وكذلك المضخم ذو الضجيج المنخفض LNA حتى يتم التقاط الإشارة. وكان من الضروري تحريك قرص الاستقبال للتحول من قمر إلى آخر. وهذا يعني إعادة ضبط قمع الهوائي والمضخم LNA يدوياً لدى خروجه عن مجال التقاط الإشارة. ولكن عندما تم إطلاق القمر Satcom1 والذي استخدم استقطاباً ثنائياً و أعاد بث 24 قنال فإنه أصبح من الضروري توجيه الاستقطاب لتتمكن أنظمة الاستقبال من التقاط الإشارة، فقدكانت 12 قنال مستقطبة شاقولياً ومثلها مستقطبة أفقياً. ومع إطلاق القمر Satcom1 كان على هواة استقبال الأقنية الفضائية القيام بعملٍ مضنٍ لضبط مغذيات أنظمتهم في جميع الظروف الجوية.

لدى الطلب المتزايد على أول وصلة عبر القمر الاصطناعي Satcom F1 فإن الأقنية المستقطبة أفقياً كان قد جرى حجزها، وكان من الطبيعي وجود بعض الممانعة من قبل المستثمرين لإشغال الأقنية الزوجية المستقطبة شاقولياً، حيث اعتادت الشركات على استقبال الإشارات بوجود مضخم منخفض الضجيج مُغذى أفقياً فقط ومن الصعوبة الانتقال لنظام باستقبال نوعي الاستقطاب.



شكل 1-9 استقطاب الأمواج.

يتحدد الاستقطاب بتوجيه الحقلين الكهربائي والمغناطيسي اللذان يشعان من هوائي الإرسال. عندما يكون اتجاه الحقل الكهربائي موازياً للأرض يكون الاستقطاب افقياً. وعندما يكون اتجاه الحقل عمودياً عليها يكون الاستقطاب شاقولياً. أما الإشارات المستقطبة دائرياً فتكون مرسلة على شكل حلزوني كالنابض. ويكون اتجاه الدوران لاهتزازات الحقل الكهربائي في حركة تتبع عقارب الساعة أو عكسها. وكلا الاتجاهين للاستقطاب الدائري اليميني (RHCP) والدائري اليساري (LHCP) متواجدان على المركبة الفضائية انتلسات. تُعرف طريقة استخدام اتجاهات مختلفة للاستقطاب، على نفس القمر الاصطناعي بإعادة استخدام التردد. لدى الاستفادة من الاستقطاب الأفقي والشاقولي يمكن إرسال ضعف عدد الأقنية ضمن مجال تمرير معين.

يجب حينئذٍ الاستقبال بإضافة مغذي متعامد (نظام تغذية ثنائي الاستقطاب) ومضخم آخر ذو ضجيج منخفض LNA. حتى عام 1978 كانت مضخمات LNA التي تختلف بالصفحة بمقدار 180° درجة مرتفعة الكلفة لأن أسعارها كانت تساوي ثلاثة آلاف دولاراً تقريباً، لذلك فإن الشركة التي تقرر استقبال البرامج بنوعي الاستقطاب يجب أن تأخذ بالاعتبار المبالغ الضخمة الواجب توظيفها لذلك.

بما أن الأقمار الاصطناعية أضحت خياراً لتوزيع الأقنية التلفزيونية عبر الكوابل، لذلك فإنه خلال فترة زمنية قصيرة نفذت الأقنية التي تعتمد الاستقطاب الأفقي على القمر Satcom F1 الذي جرى تخصيصه للبرامج المرئية. إن الشركات المتخصصة بتوزيع الأقنية استطاعت تحميل هذه النفقات للمشتركين ولكنها وجدت صعوبة بإقناع البعض بشراء أكثر من مضخم LNA واحد وكان الحل هو المُقَطِّب Polarotor (وهو التسمية التجارية المسجلة لشركة الاتصالات Chaparral).

حالياً، تزود معظم أنظمة استقبال الأقمار الاصطناعية تقريباً بتجهيزات لالتقاط اثنين أو أكثر من طرق الاستقطاب. وهي تعتمد مستقطبات ميكانيكية أو فريتية تتحول بين القطبية الأفقية والشاقولية بأوامر تحكم عن بعد صادرة عن مستقبل الأقمار الاصطناعية. وهذا ما يتم بحثه في الفصل الثالث.

بث الإشارات المعدلة ترددياً FM عبر الأقمار الاصطناعية

تُبث عبر القمر الاصطناعي للحزمة C القنال الأولى بحامل ذو تردد أساسي 3.720 ميغاهرتز وتتحدد الحزمة الخاصة بهذه القنال من 3.700 إلى 3740 جيغاهرتز. كذلك القنال الثالثة فإنها تحتل المجال الترددي من 3.740 إلى 3.780 جيغاهرتز وهكذا (يعاد النظر بالشكل 1-2) وبينما يمكن لنظام اتصالات مثالي نقل معلومات على كامل عرض المجال 40 ميغاهرتز فإنه عملياً يجب الفصل بين الأقنية. لذلك فإن المعلومات تنقل ضمن حزمة 36 ميغاهرتز ويبقى 2 ميغاهرتز كمجال حماية على كل جانب من الحزمة المحددة لكل قنال.

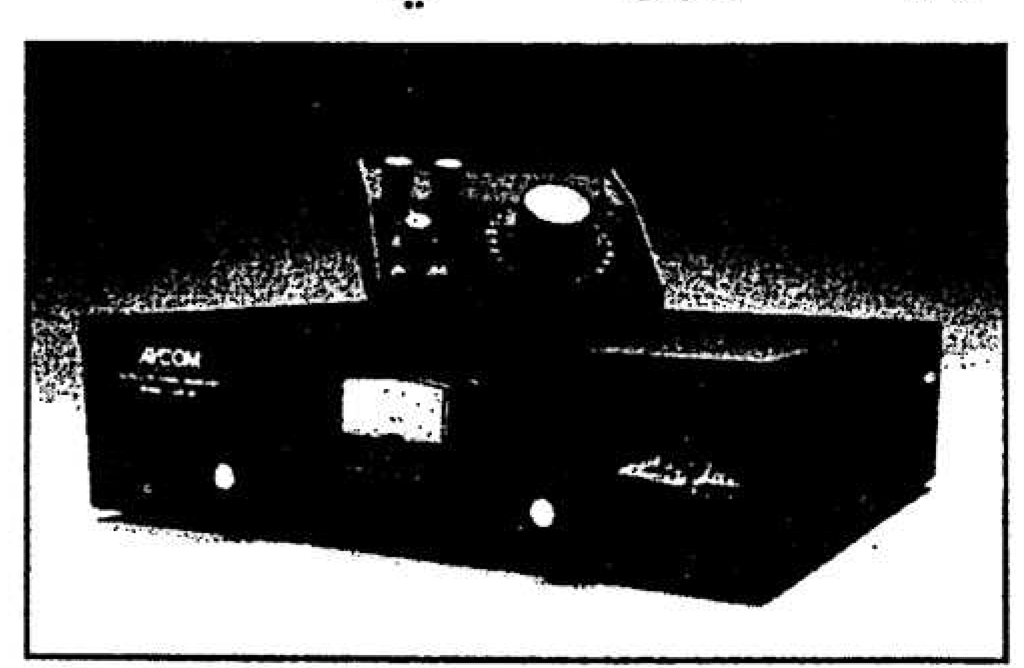
لدى استخدام التعديل الترددي FM لإرسال المعلومات فإن معظم مركبات الإشارة توجد ضمن مجال ±10 ميغاهرتز حول التردد الحامل (انظر الشكل 1-8). عندما كان عامل الضجيج لكتلة LNB مرتفعاً، كان من الضروري خفض حزمة التمرير للمستقبل إلى الحد الأدنى للحصول على صورة نقية. وبذلك فإن معظم الطاقة المحمولة على المجيب 1 تشغل فعلياً المجال من 3.710 وحتى 3.730 جيغاهرتز. ولكن تبقى معلومات هامة على طرفي المجال الذي يمتد حتى 3.702 من الجانب الأصغر للحزمة و 3.738 من الجانب الأعلى. غير أن مستوى الطاقة عند هذه النهايات أقل كثيراً من المستوى في وسط المجال أي عند التردد 20 ميغاهرتز.

هذا التركيز في المعلومات هو ما يسمح للمرسلين المستقطبين أفقياً وشاقولياً بالتداخل دون أن يسبب ذلك تشويشاً ظاهراً للإشارة. وبالعودة إلى الشكل 1-8 فإن القنال 2 تتمركز حول التردد 3.740 جيغاهرتز وبذلك فإن الجزء الأكبر من طاقة هذه القنال يقع في المجال من 3.730 وحتى 3.750 جيغاهرتز، وهذه تماماً النقطة التي يبدأ عندها مستوى الطاقة لإشارة القنال 1 بالهبوط، ومستوى الطاقة لإشارة القنال 3 بالصعود.

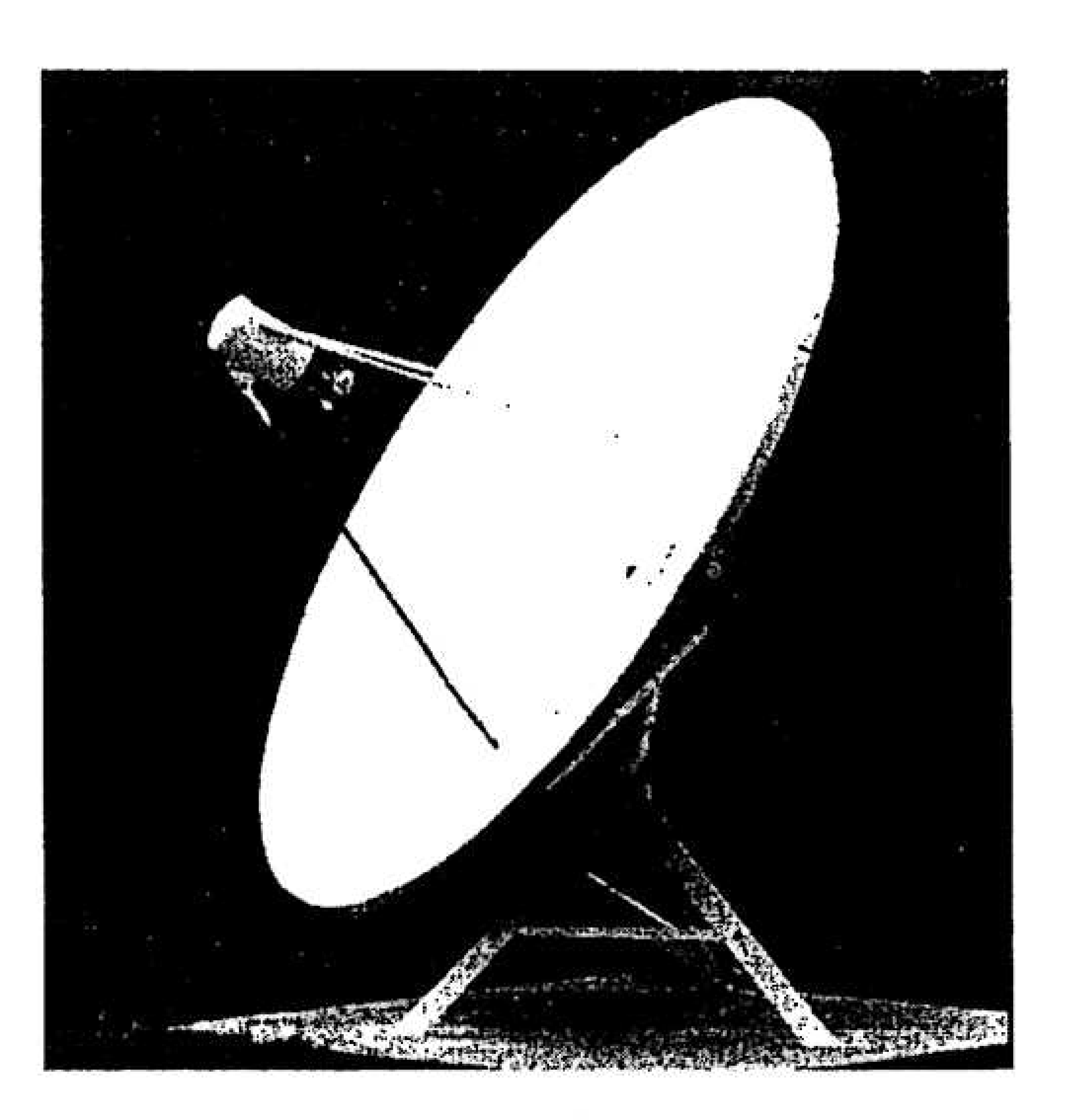
حتى يتم تخفيض التداخل بين إشارات القمر الاصطناعي والوصلات الميكروية الأرضية إلى الحد الأدنى، فإن إشارة بتردد منخفض تطبق على الإشارة المرئية قبل صعودها إلى القمر الاصطناعي و تدعى هذه الإشارة بالموجة "المبعثرة" وهي موجة مثلثية بتردد 30 هرتز تضاف إلى الإشارة المرئية لتنشرها بشكل أكثر انتظاماً ضمن مجال التمرير. وهذا يمنع تشكيل "نقاط ساخنة" أو مناطق تركيز للقدرة عند ترددات معينة. وبذلك فإن شركات الهاتف التي سبق لها استخدام المجال الترددي C قبل عصر الاتصالات الفضائية تبقى مطمئنة بأن الإشارات لن تتداخل مع الحوامل الأرضية. إن موجات البعثرة تُزال بدارات تحديد clamping الإشارة المرئية في مستقبل إشارات الأقمار الاصطناعية. كذلك فإن موجات البعثرة تمنع "النقاط الساخنة " من أن تتجمع فيها قدرة مركزة عند تردد معين، لأن تركيز الطاقة واستمرارها في مجال ترددي صغير يؤدي إلى حدوث أعطال في مضخمات صمام الموجة الراحلة Traveling Wave Tube Amplifiers (TWTAs). هناك سبب آخر لإضافة الموجة المبعثرة في إشارة الوصلة الصاعدة حيث أنه من المحتمل حدوث تداخل مع الوصلة الميكروية الأرضية إذ أن شركات الهاتف المستخدمة للمجال C تطمئن إلى أن الاستطاعة العالية للحامل لا تظهر فجأة وسط مجال الإشارة الهاتفية.

تصاميم أولية لمستقبلات منزلية للتلفزيون الفضائي

كانت أنظمة الاستقبال المنزلي لإشارة الأقمار الاصطناعية معجزة بذاتها، إذ أنها صُنعت بما تيسر، وبما هو فائض عن الحاجات العسكرية، وكان عرضياً أكثر منه تصميماً مبرمجاً وهذه الأنظمة شكلت أساساً لتطوير صناعة قائمة بذاتها. لقد تم بناء الأقراص والمستقبلات في الكراجات ولم يكن في المخابر المتخصصة فإذا نجح أحد الأنظمة فإنه كان يُحلَّل ويوضع في قالب فني يسمح بتسويقه. إن معظم الأنظمة التجارية التي تعمل في المجال C تتألف من قرص هوائي كبير مع مركز تحكم قريب من الهوائي يضم المستقبل (انظر الشكل 1-10 و 1-11). لقد جرى بناء المضخم LNA من ترانزستورات سيلكونية تعمل عند القيم الحدية لميزاتها وتمر الإشارة المضخمة عبر خط نقل محوري إلى المستقبل حيث يتم تحويل الإشارات ذات التردد 4GHz إلى تردد أخفض ومن ثم كشفها. هذا الوضع ملائم عندما يكون المستقبل في مكان لا يبعد أكثر من 30 إلى 40 متراً عن خرج المضخم LNA. ولكن يصبح الأمر مستحيلاً عندما يكون الكابل المحوري أطول من ذلك لأسباب تتعلق بالضياعات العالية لأن الإشارات محمولة على التردد 4GHz. ويقوم المستقبل بعد ذلك بتحويل التردد إلى تردد أخفض وهكذا يمكن كشف الإشارة وفك التعديل.



شكل 1-11 مستقبل Avcom COM-3. كان هذا المستقبل هو النموذج السائد لبضع سنوات، وقد استخدم معه خافض للتردد يتم تركيبه على قرص الهوائي.



شكل 1-10 هوائي ADM-11. يتألف من 12 قطعة يتم تجميعها أثناء التركيب ويعتبر من النماذج الأولى التي انتجت على نطاق واسع.

الجيل الأول للمستقبلات المنزلية للأقمار الاصطناعية

كان الجيل الأول لأنظمة استقبال إشارات الأقمار الاصطناعية المنزلية مؤلفاً من قرص هوائي كبير نسبياً ومضخم منخفض الضجيج LNA إضافة إلى كابل محوري قليل الضياعات لنقل الإشارات إلى المستقبل. هذه الإشارات يتم نقلهاعبر كابل محوري عالي الكلفة إلى خافض التردد في المستقبل.

أخذت المستقبلات المنزلية تصميمات تجارية. فهناك جزءاً لخفض التردد من 4GHz إلى تردد متوسط 70MHz وباقي المستقبل لمعالجة الإشارة. كان لا بد من استخدام ناقل محوري قاسٍ غالي الثمن وغير لين لتأمين وصلة بين الهوائي والمستقبل وكانت عمليات الضبط وخفض التردد تتم ضمن جهاز الاستقبال لذلك لم يكن شائعاً إجراء التركيب من قبل أي شخص لا يملك الخبرة الكافية، إضافة إلى أن مد الخط المحوري لما يزيد عن ثلاثين متراً كان يتطلب إعادة تكبير الإشارة من جديد. كان الحل لهذه المسألة هو تصميم مستقبل أحادي التحويل وبذلك تنخفض الكلفة وتُلغى الحاجة للخط المحوري القاسي.

الجيل الثاني للمستقبلات

الفرق الأساسي بين الجيل الأول والثاني من المستقبلات هو التغيير في موضع خافض التردد من داخل المستقبل إلى خارجه بحيث يكون قريباً من المكبر LNA. ففي عملية التحويل الأحادية يؤمن المذبذب المحلي LO تردداً يزيد أو ينقص بمقدار 70 MHz عن تردد القنال المطلوبة.

إن التحويل الأحادي للتردد هو أخفض كلفةً من التحويل الثنائي المستعمل في الجيل الأول. فخط النقل القاسي أو أي نوع آخر غالي الثمن لا يصبح ضرورياً لإيصال الإشارة ذات التردد 4 جيغاهرتز وليس على من يقوم بالتركيب سوى استعمال خط نقل مكلف بطول 3 إلى 6 أمتار لتحقيق الوصلة بين المضخم LNA وقالب التردد المتوضع خلف قرص الهوائي مباشرةً ومن ثم يستعمل خط نقل أقل كلفة مثل RG59 أو RG-6 لإيصال الإشارة من خافض التردد إلى المستقبل، وهذا-يسمح لقرص الهوائي بأن يكون بعيداً عن المستقبل. في بعض الحالات يمكن لقالب التردد أن يقود الإشارة ضمن ناقل بطول 300 متراً دون الحاجة إلى تكبير.

هناك العديد من المزايا لهذه العملية كما ظهرت بعض المساوئ الغير متنبأ بها. الميزة الأكبر، هي انخفاض الضياعات عبر الناقل المحوري ليصبح أصغرياً مقارنةً مع الجيل الأول، ومن ثم ليس ضرورياً أن يكون عامل ربح قالب التردد كبيراً لتعويض ذلك وهذا يعني الحصول على صورة تلفزيونية أنقى من السابق. الميزة الأخرى، هي الحاجة إلى تحجيب أقل للمستقبل من الداخل لعزل المذبذب المحلي وإلغاء تسريب الاهتزازات كونه لا يتوضع ضمنه. إن من أهم المساوئ هي انحراف القنال الذي يظهر مباشرةً عقب برودة الطقس المفاجئ. ويجب أن يكون للمذبذب المحلي معوضاً حرارياً، إذ أنه معرض لتبدلات الطقس القاسية، كما أنه من الواجب حفظ قالب التردد وحمايته من العوامل الجوية سواءً بتعليبه في المصنع أو وضعه في علبة خاصة أثناء التركيب. كان الجيل الثاني من المستقبلات هو التصميم السائد في الفترة من عام 1981 وحتى عام 1986 حيث بدأ الجيل الثالث يصبح أكثر شيوعاً.

مستقبلات الجيل الثالث

يعود الفضل في ظهور هذا الجيل من المستقبلات إلى Steve Birkill و keith Anderson. الأول جاء بفكرة استخدام تقنية خفض التردد مع ناخب أقنية UHF تلفزيوني، إذ أن حزمة الترددات C في أمريكا هي بعرض 500MHz وهي تتوافق مع عرض حزمة الـ UHF للناخب.

يعتبر الجيل الثالث من المستقبلات بمثابة "أنظمة كتلية " حيث تتحول جميع الأقنية للقمر الاصطناعي ذات الاستقطاب الواحد مباشرةً إلى مجال ترددي أخفض كمجموعة أو كتلة من الأقنية. في النظام الكتلي يتحول كامل المجال الترددي (500MHz في أمريكا الشمالية و 700MHz في أوربا) إلى تردد أخفض ويكون التردد في الجزء الأعلى من طيف الترددات UHF أي يقع في المجال من 950 وحتى 1450 ميغاهرتز (أو 1700 ميغاهرتز في أوربا).

حالياً، تدمج معظم الأنظمة مضخم الضجيج المنخفضLNA مع خافض التردد الكتلي BDC (block down converter) ليتشكل منها خافض التردد الكتلي ذو الضجيج المنخفض LNB. هذه الوحدة هي المسؤولة عن تكبير الإشارة الواردة من القمر الاصطناعي وتخفيضها لتقع ضمن المجال من 950 وحتى 1450ميغاهرتز وإن خرجها يغذي المستقبل عبر خط نقل محوري حيث يوجد ناخب لمجموعة الترددات يعرف أحياناً بخافض التردد الثاني وبذلك تُضبط الأقنية ضمن المستقبل بدلاً من ضبطها في الخارج عند هوائي الاستقبال كما هو الأمر في الجيل الثاني من المستقبلات. هذه التقنية تخفض الانزياح الحراري إلى الحد الأدنى مع افتراض بقاء المذبذب المحلي في كتلة LNB مستقراً. وبهذا بدأ جيل (العلبة المقصدرة) من المستقبلات.

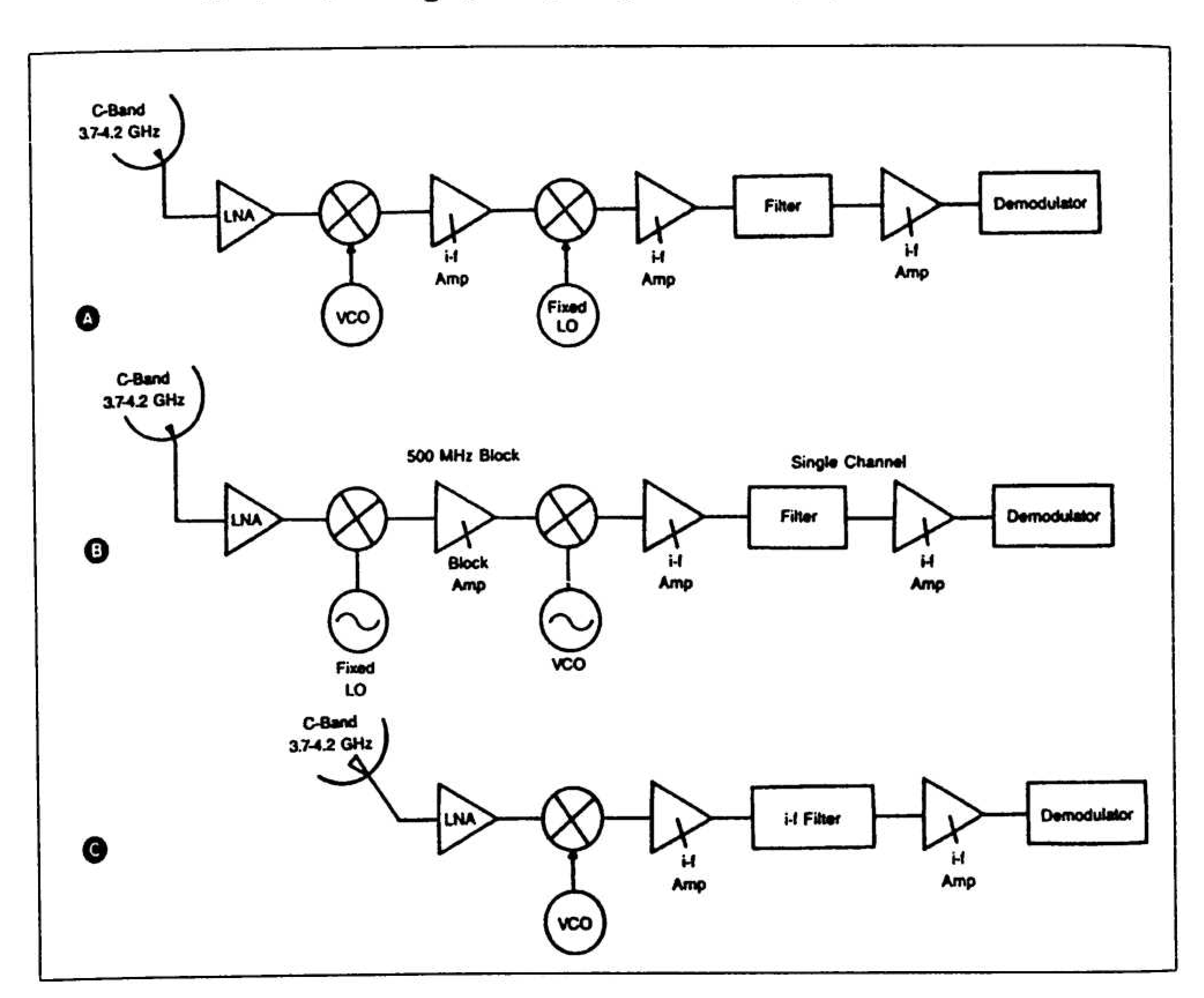
الجيل الرابع للمستقبلات

إن مستقبل الجيل الرابع يشار إليه عادة "بالعلبة المقصدرة" فبينما تتطلب الأجيال السابقة وضع شروحات تفصيلية للتركيب أثناء عملية الإنتاج فقد أصبح تصنيع المستقبل أقرب إلى تقنية تجميع القطع الجاهزة. فالمستقبل عبارة عن ثلاث قطع: الناخب، كاشف التعديل ومعدل RF. يعتمد تصميم الناخب على التقنية الموثوقة لناخب الأقنية UHF في التلفزيون، بينما كاشف التعديل هو أساساً ما هو مستخدم في الأجيال السابقة بعد جعله على شكل علبة. لا يبقى أمام الشركة المصنعة سوى بناء العلبة الخارجية وتأمين التغذية واللوحة الأم ومن ثم شراء مكونات المستقبل لقاء بضعة دولارات، وإجراء عملية اللحام على تلك اللوحة. وهذا يعني تسريع عملية التصنيع إذ لا توجد حاجة أمام المصنعين لتركيب واختبار كل جزء من الناخب كما كان الحال بالنسبة لتصاميم الأجيال السابقة. هناك توجه لمكاملة الناخب مع كاشف التعديل وهذا ما يجعل تصميم المستقبل أكثر بساطة. إن من الشائع الآن رؤية علبتين فقط في المستقبل: ناخب — كاشف تعديل ومعدل RF.

من الطبيعي أن يكون هذا التقدم في تصميم المستقبل قد ساهم في تسهيل عمل الفنيين. فإذا تبين سوء أداء واحدة من الكتل، يكفي سحبها واستبدالها، وليست عملية إصلاح الكتل بالمجدية من الناحية الاقتصادية.

البنية الأساسية لنظام الاستقبال الفضائي

إن المخططات الصندوقية الأساسية للأجيال الثلاثة لأنظمة الاستقبال موضحة في (الشكل 1-12). من الواضح بأن معظم الكتل متشابهة وهناك فروقات بسيطة في توضعها تحدد نموذج المستقبل والإشارات التي يمكن كشفها عند نقاط مختلفة في الدارة. فبدءاً من الجانب الأيمن للمخططات وانتهاءاً بالقرص نلاحظ أن الأجيال الثلاثة تشترك بوجود كاشف التعديل الذي يلغي الحامل ويكشف معلومات الصوت والصورة. وتشترك أيضاً بوجود مكبر IF لقيادة دارات كشف التعديل. مع ذلك وعند هذه النقطة هناك اختلاف يمكن أن يظهر، إذ أن أنظمة خفض التردد الأحادي والثنائي تستعمل عادةً 70MHz كتردد متوسط بينما تعتمد بعض المستقبلات الكتلية تردد متوسط أعلى يقع بين 130 و 600 ميغاهرتز .



شكل 1-12 الأنظمة الثلاثة: التحويل الثنائي، قالب وخافض التردد الكتلي، التحويل الأحادي.

يمثل الشكل (A) المخطط الصندوقي لنظام استقبال بتحويل ثنائي التردد حيث يمزج خرج المكبر LNA مع خرج المذبذب المتحكم به بالجهد VCO وينتج التردد المتوسط العالي ومن ثم تضخم هذه الإشارة وتمزج مع إشارة المذبذب المحلي الثابت LO للحصول على التردد المتوسط النهائي وهو عادةً 70MH وبعد ذلك تمر الإشارة بمرشح ويجري تكبيرها قبل أن تقود كاشف التعديل في المستقبل. يمثل الشكل (B) نظام قالب وخافض تردد كتلي وفيه يتم تبديل مواضع المذبذب المحلي LO والمذبذب المتحكم به بالجهد VCO بالمقارنة مع الشكل (A) وهذا يؤمن إشارات فضائية تتحول كمجموعة إلى ترددات اخفض. يتم تكبير مجموعة الترددات هذه وتمريرها إلى المستقبل حيث يجري مزجها مع خرج الـ VCO للحصول على تردد متوسط غالباً ما يكون 130 أو 140 ميغاهرتز. الشكل (C) هو نظام تحويل احادي، تضبط فيه القنال بخافض تردد منفصل يتوضع عند قرص الهوائي ويكون المازج والمذبذب المتحكم به بالجهد VCO وكذلك مضخم التردد المتوسط متوضعين في خافض التردد. في بعض الأنظمة الرائدة، هناك علبة تحتوي المضخم LNA، المازج، المذبذب VCO وأيضاً مضخم التردد المتوسط وتدعى LNC.

بمتابعة عملية ملاحقة الإشارة من النهاية إلى البداية، نجد مرشح التردد المتوسط بين المضخم الأول والثاني لذلك التردد. إن غالبية مرشحات الترددات المتوسطة هي متشابهة الهدف ولكنها مختلفة في التصميم، فالإشارة يتم ترشيحها بمرشح تمرير حزمة، يقع عرض حزمة تمريره بين 20 و36 ميغاهرتز. وإذا كان المستقبل مصمماً من أجل استقبال نصف محيب لقمر Intelsat أو لبعض أقنية DBS فإن عرض حزمة التمرير يصبح أضيق ويمكن أن يكون من 14 إلى 18 ميغاهرتز. على الرغم من وجود نوع أو اثنين من المستقبلات الفضائية يتوضع فيها مرشح التردد المتوسط في وحدة خفض التردد غير أن أغلب أنواع المستقبلات تشمل المضخم الثاني ومرشح تمرير التردد المتوسط في علبة المستقبل.

في المرحلة التالية إلى الخلف يوجد المازج الأخير للتردد المتوسط وهنا تبدأ الفروقات، ففي نظام التحويل الكتلي (شكل 1-12b) يُقاد المازج بواسطة مذبذب متحكم به بالجهد VCO أوPLL (phase locked loop) ويتم اختيار القناة عند هذه المرحلة في حين يقود المازج في نظام التحويل الثنائي، شكل(1-12a) بمذبذب ثابت التردد "Fixed LO" وكلتا المرحلتان السابقتان متوضعتان ضمن علبة المستقبل. في نظام التحويل الأحادي (شكل 1-12c)، يستخدم المبدأ المعتمد في النظام الكتلي من حيث استخدام مازج ومذبذب متحكم به، ولكن هذه المكونات متوضعة عند الهوائي، وإن للمحول الكتلي مرحلة إضافية يتم فيها تحويل كامل المجال الترددي للقمر الاصطناعي إلى مجال ترددي أخفض، (من 950 إلى 1450 ميغاهرتز في الأنظمة الأمريكية). وبينما يبدو نظام التحويل الثنائي مماثلاً لهذا النظام غير أن هناك فرق شاسع، حيث يتم تضخيم قنال واحدة بحزمة تردد 40 ميغاهرتز تقريباً بواسطة مضخم تردد متوسط يقع بين مرحلتي المزج في نظام التحويل الثنائي. أما في النظام الكتلي فإن مكبر التردد المتوسط عليه تكبير جميع الأقنية الخاصة باستقطاب معين، أي عرض حزمة 500 ميغاهرتز.

المرحلة الأخيرة هي مضخم LNA وهو ذاته الموجود في الأنظمة الثلاثة. في نظام التحويل الثنائي، حيث تتوضع الموازج والمذبذبات في علبة المستقبل، يتعين على مكبر LNA تأمين ربح 50dB لتصل إشارة القنال إلى المستقبل، وفي بعض أنظمة التحويل الأحادي، فإن المكبر LNA والمذبذب VCO وكذلك المازج مع مرحلة تكبير التردد المتوسط تقع جميعها في علبة واحدة وعندها يسمى النظام LNC. وقد ساد الاعتقاد بأن هذا النظام هو ما سوف يكتسح السوق ولكن الحالة لم تكن كذلك.

العنصر الجديد هو القالب الكتلي ذو الضجيج المنخفض LNB (Low noise block converter) ونتج هذا العنصر عن عمليات البحث والتطوير لأنظمة البث المباشر عبر القمر الاصطناعي DBS حيث يتألف من مكبر LNA، مذبذب محلي LO، مازج ومكبر تردد متوسط كتلي وتقع جميعها في علبة واحدة.

إن القالب الكتلي LNB يعالج جميع الأقنية ذات الاستقطاب الواحد، وهو متلائم مع أي مستقبل لنفس حزمة التردد، وتصل إليه التغذية من المستقبل عبر خط نقل محوري وهذا الأخير يساهم بإرسال الإشارات من الكتلة LNB إلى المستقبل أيضاً.

أنظمة التحويل الثنائية

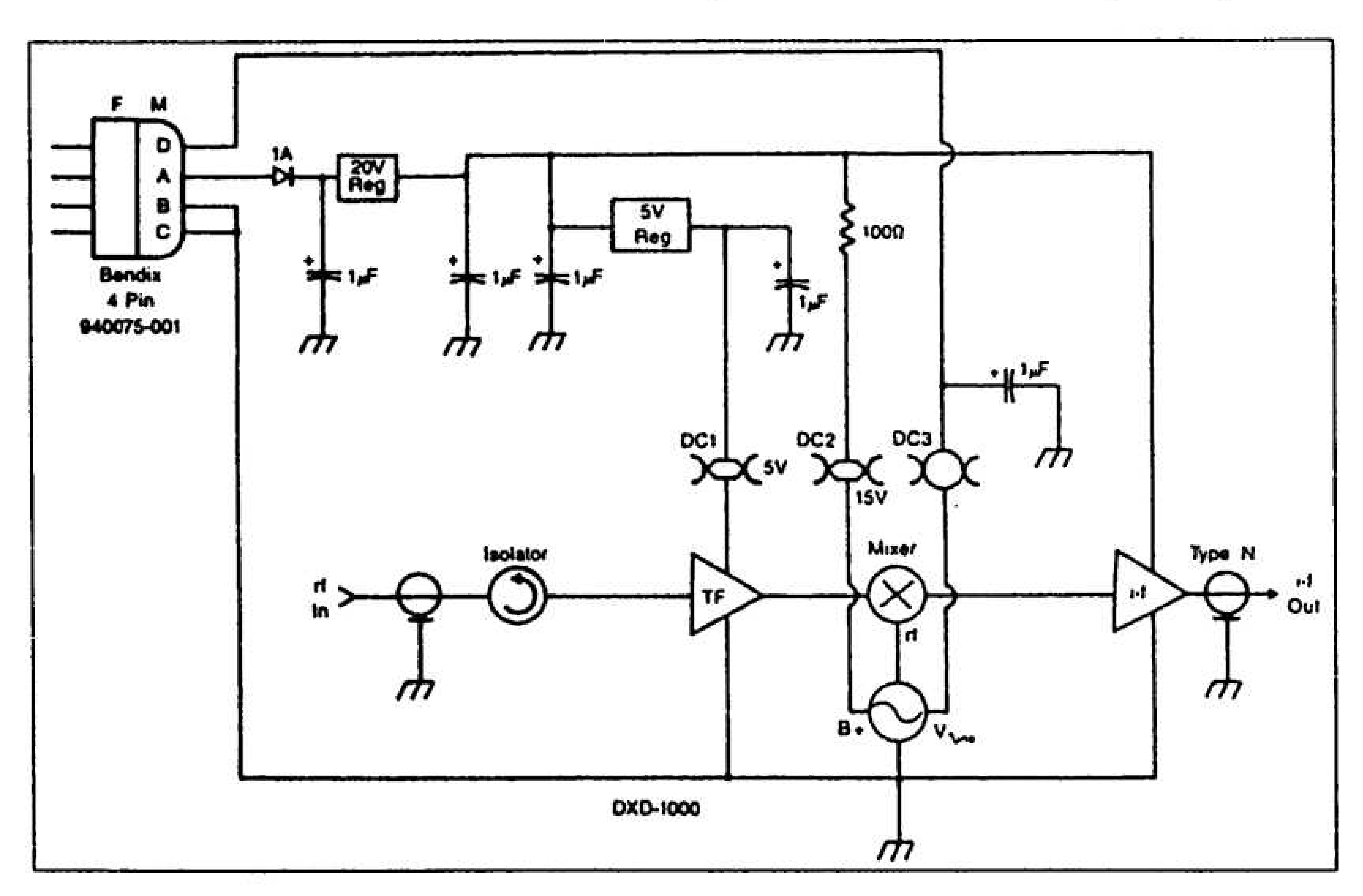
في بدايات الاستقبال الفضائي للحزمة C، استخدم التحويل الثنائي لعدم توفر خيار آخر، إذ لم يكن قد تم تطوير موازج من نوع Image reject حيث لا يمكن تحقيق التحويل الأحادي من 4 جيغاهرتز إلى 70 ميغاهرتز بدون هذا العنصر، لذلك كان لا بد من استخدام مذبذبين لخفض التردد إلى مستوى يمكن معه التعامل مع الإشارة.

يتم اختيار ترددات الهزازات بحيث يتم إلغاء التداخل بين المستقبلات وغالباً ما كان يقع الخيار بين 800 ميغاهرتز و 1.5 جيغاهرتز للمرحلة الأولى ومن870 ميغاهرتز إلى 1.570 جيغاهرتز للمذبذب المحلي الثابت في المرحلة الثانية يتبع ذلك استخدام هزاز متحكم به بالجهد يمزج خرجه مع إشارات الحزمة C. إن أغلب هذه الأنظمة تعتمد مذبذبات محلية تهتز إلى الجانب الأخفض، بمعنى أن تردد الاهتزاز أقل بحوالي 0.8 أو1.5 جيغاهرتز من تردد القنال المرغوبة. وهناك قالب للتردد الثنائي DC60 من شركة ICM الذي يضبط هزازه المتحكم به عن طريق الجهد لتأمين حزمة 500 ميغاهرتز بين الترددين 2.86 و3.36 جيغاهرتز.

هناك ميزة للتحويل الترددي الثنائي، مقارنةً بأغلب تصاميم التحويل الأحادي، وهي كبت الخيال Image Rejection الذي يتراوح عادةً بين 30 و 40dB في المبدلات عالية الجودة. وللتوضيح نبين هنا بأن أعظم كبت يمكن الحصول عليه في نظم التحويل الأُحادي هو 25dB أما ما يتم تحقيقه فعلياً فيتراوح بين 15 و 20dB وهذا يعتبر كافياً، لأنه عند كبت (رفض) يساوي 12dB فإن الإشارات غير المرغوب بها لن تظهر إلا كصور باهتة جداً على خلفية الصورة التلفزيونية. إن التحويل الترددي الأحادي الأقل كلفة والأسهل تركيباً من أنظمة التحويل الثنائي قد تم إدخاله في حوالي عام 1980 وقد أصبح بشكل سريع منافساً قوياً للنظام الثنائي.

المذبذب المولف جهديا (VTO)

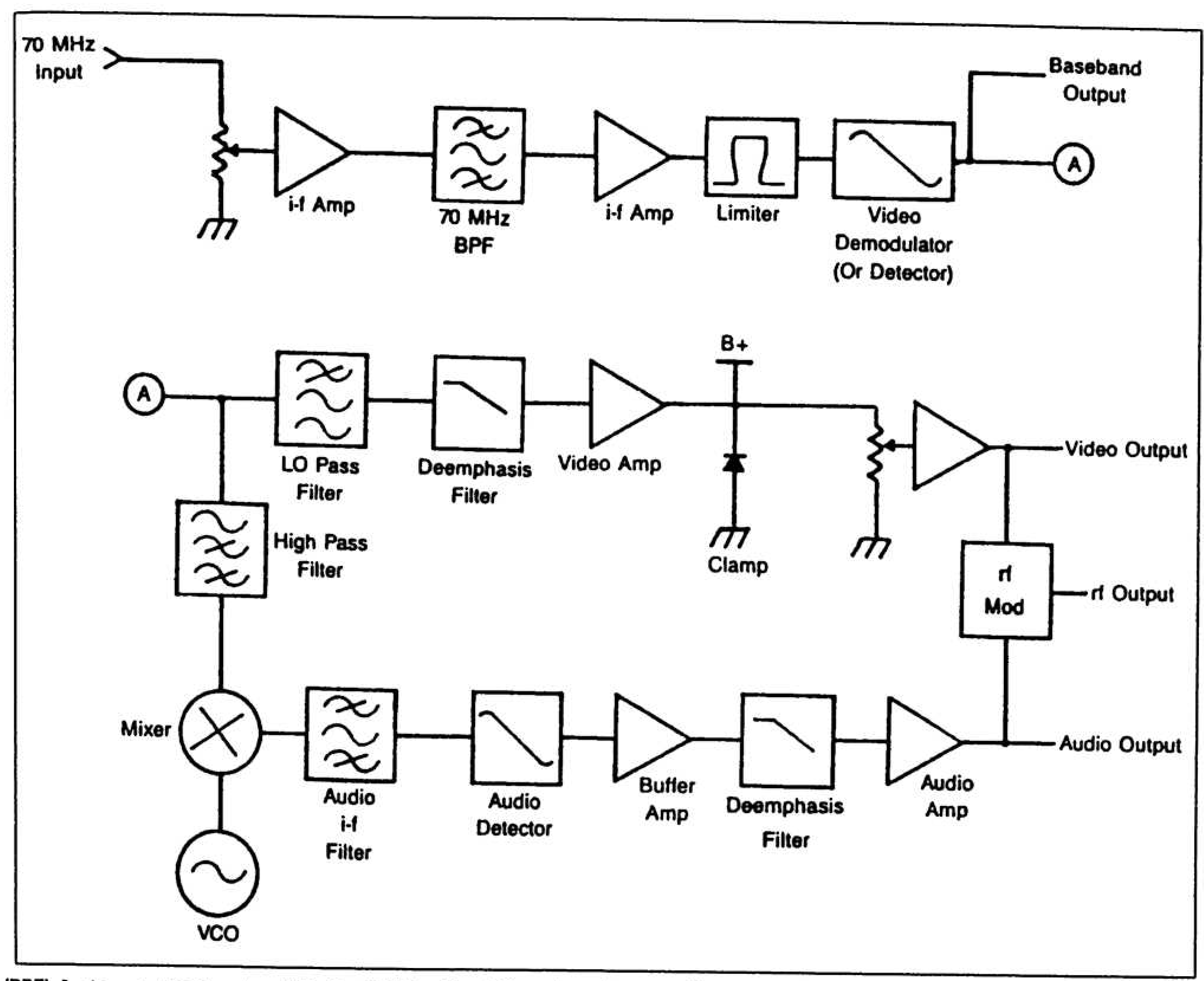
يعتبر المذبذب المضبوط عن طريق الجهد بمثابة قلب لأي نظام خافض للتردد (شكل 1-3). هذا المذبذب المتحكم بواسطة جهد متولد في المستقبل له خرج يمزج مع الإشارة القادمة من القمر الاصطناعي في مازج هيترودايني وتكون الإشارة النافعة هي الناتجة عن فرق التردد بين المذبذب VTO والإشارة الفضائية وغالباً ما تكون متمركزة عند 70 ميغاهرتز. وباستخدام مضخم عريض الحزمة مولف على التردد 70 ميغاهرتز، يمكن استخدام قنال واحدة وفصلها من حزمة الأقنية الداخلة إلى المازج. مثالاً على ذلك، إذا تم اختيار المرسل 15 من الحزمة C، فإن على المستقبل تأمين الجهد المناسب لخافض التردد بحيث يهتز المذبذب عند تردد أعلى بمقدار 70 ميغاهرتز من تردد القنال 15. وبما أن تردد هذه القنال متمركز عند التردد 4 جيغاهرتز فإن خرج المذبذب VTO يجب أن يكون 4.070 جيغاهرتز. تمزج إشارة هذا المذبذب مع الإشارة القادمة من الفضاء وينتج عن ذلك تردد القنال 15 المتمركز عند 70MHz . وتردد القنال 13 المتمركز عند 110MHz، وكذلك تردد القنال 17 المتمركز حول 30MHz وهكذا .. وبالسماح فقط للإشارات ذات الترددات من 55 وحتى 85 ميغاهرتز بالمرور إلى مضخم التردد المتوسط نحصل فقط على القنال 15 من الأقنية الاثني عشر الواردة إلى الدخل. هناك عملية مشابهة أيضاً تحدث في وحدة الناخب الكتلي .



شكل 1-13. مخطط صندوقي لكتلة خفض التردد. تم استخدام خافض التردد في نظام التحويل الأحادي ويشمل جميع مكونات LNC ما عدا دليل الموجة ووحدة الضجيج المنخفض. تردد الدخل من المضخم ذو الضجيج المنخفض هو 4 جيغاهرتز. والمكبر TF هو من نوع دارات الغشاء السميك(Thick film module). خرج خافض التردد هو إشارة بتردد 70 ميغاهرتز.

أجزاء المستقبل

إن كتل المستقبل عموماً موضحة في الشكل 1-14 الذي يمثل نظاماً أحادي التحويل. في نظام التحويل الكتلي، النقطة المسماة "70MHz Input" هي خرج وحدة التوليف الكتلية block tuner module ودون اعتبار لقيمة التردد الوسطي IF أكانت 70 أو 600 ميغاهرتز فأجزاء المستقبل تبقى كما هي. تمر الإشارة في البداية عبر شريحة ميكروية لنقل إشارة التردد الوسطي ومن ثم يتم ترشيحها. ومع أن عرض حزمة المرسل للإشارة المرئية الفضائية هي 36 ميغاهرتز فإن حزمة بعرض 27 ميغاهرتز تكون كافية لاستقبال مناسب للإشارة. بعد الترشيح، يجري تكبير إشارة التردد المتوسط ومن ثم تحديدها إذ أن إشارات القمر الاصطناعي معدلة ترددياً ويُحذف ضجيج التعديل السعوي المركب على الإشارة وتقوم دارة الكشف عند هذه المرحلة بإلغاء الحامل.



شكل 1-14. مخطط صندوقي لمستقبل فضائي عام. اغلب المستقبلات تعتمد التردد المتوسط 70 ميغاهرتز الذي يتم ترشيحه بمرشح تمرير حزمة (BPF) ومن ثم يتم تكبير الإشارة وتحديدها قبل الوصول إلى كاشف الإشارة المرئية. بعد كشف الإشارة ترشح ثانية لتامين إشارة مناسبة للإظهار. يتم كشف الصوت من الإشارة المرئية وتعالج إشارة الصوت لتصبح مناسبة لمكبرات الصوت. في اغلب المستقبلات يوجد معدلات RF مدمجة (built in).

إن خرج كاشف الإشارة المرئية هو إشارة الصورة الأساسية التي يتم بثها في طرف الإرسال وتشغل حزمة ترددات من 30 هرتز إلى حوالي 9 ميغاهرتز. وتشمل كل عناصر الصورة بالإضافة إلى الحامل الفرعي لإشارة الصوت الذي يُرسل مع الإشارة المرئية. تمر إشارة الصورة الأساسية بمرشح تمرير منخفض لإزالة الترددات الأعلى من الإشارة المرئية (تردد القطع الأعلى 4.2MHz لنظام NTSC و 5.5MHz لنظام PAL) وتنقى لإزالة إشارات البعثرة التي تضاف أثناء الوصلة الصاعدة. يجري بعد ذلك تكبير الإشارة لتصبح مناسبة لعرضها على الشاشة. يتم إرسالها أيضاً إلى معدل RF بحيث يتم إعادة مزجها هيترودينياً من أجل استخدامها كدخل في قنوات التلفزة المعدلة سعوياً. تستخدم الأقنية 2,3,4 في أمريكا الشمالية أو القنال E36 في أوربا كمخارج للمعدّل.

في الوقت ذاته، يتم فصل إشارات الصوت من الإشارات الفيديوية وذلك بفضل مرشح تمرير عالي يسمح بتمرير الإشارات الأعلى من المرئية. إن حزمة الترددات من 5.5 إلى 8.5 ميغاهرتز تحتوي على الحوامل الفرعَية للصوت، ولفصل إحدى القنوات يتطلب الأمر مزج هذه الحزمة من الترددات مع هزاز قابل للضبط كما يحصل تماماً لدى كشف الإشارات الفيديوية أو خفض التردد. يرسل خرج كاشف الصوت بعدئذٍ إلى مكبر عازل يقوم بدفع الإشارة إلى معدل RF لإعادة مزج الصوت مع حامل الصوت الذي كان ممزوجاً أصلاً مع حامل الفيديو لدى دخول جهاز الاستقبال التلفزيوني. توصل إشارة الصوت أيضاً إلى محدد لمستوى الخط ومنه يتم إرسالها إلى مكبر الصوت hi-Fi أوالشاشة، وفي بعض المستقبلات هناك دارتين لكشف الصوت من أجل مستقبلات الستيريو.

أنظمة التحويل الكتلية

كما ورد سابقاً فإن الأنظمة الكتلية لا تختلف عن أنظمة التحويل الأحادية والثنائية، ويمكن مقارنتها مع الأنظمة ثنائية التحويل من حيث معالجتها للإشارات القادمة في الحزمة C أو Ku وتخفيضها إلى ترددات أدنى ليسهل نقلها. وحالما يتم ذلك، تضبط الأقنية إفرادياً كما هو الأمر بالنسبة للأنظمة أحادية التحويل. تضاف مرحلة وحيدة في المستقبل الكتلي، هي وحدة المولّف الكتلي. فهي تأخذ ترددات دخل من 950 وحتى 1450 ميغاهرتز ويتم توليفها على قنال واحدة ذات خرج لتردد متوسط يقع بين 70 و600 ميغاهرتز وهذه الإشارة يتم كشفها كما هو الحال في نظام تحويل أحادي. تتمتع الأنظمة الكتلية بالعديد من المزايا مقارنةً بالأنظمة الأخرى للاستقبال الفضائي، منها سهولة التركيب واستقرار أفضل للتردد وكذلك قابلية أعلى لتعدد أجهزة الاستقبال .

أنظمة البث الفضائي المباشر (DBS)

حالياً هناك مجالين ترددين للبث الفيديوي عبر الأقمار الأصطناعية. فالقمر الفضائي لأمريكا الشمالية بدأ يبث البرامج التلفزيونية على ترددات الحزمة C من 3.7 إلى 4.2 جيغاهرتز في حين اختارت أوربا ومعظم دول العالم الحزمة Ku بمجالات ترددية مختلفة (انظر الجدول 1-4). والأقمار الاصطناعية Intelsat والتي تبث في الحزمة C موجهة لمختلف دول العالم ولكن باستطاعة ضعيفة ويلزم قرص هوائي كبير في أغلب المناطق لاستقبال مناسب للإشارة.

يتميز الإرسال في الحزمة Ku مقارنة بالحزمة C بأن حزمة الترددات مخصصة بالكامل تقريباً للإرسال الفضائي لذلك فإن التداخلات الأرضية (TI) الناتجة عن الوصلات الميكروية والتي يمكن أن تحجب الإرسال في الحزمة C لا تشكل مسألة بالنسبة للترددات العالية. بالإضافة إلى أن طول الموجه لأعلى تردد في الحزمة Ku هو 26 ملم مقارنة مع 76 ملم بالنسبة للحزمة C وبذلك فإن ربح قرص هوائي بقطر 1 متر للحزمة Ku يعادل ربح قرص هوائي بقطر 3 أمتار في الحزمة C. ينبغي أن يكون سطح القرص المعد لاستقبال الحزمة Ku أكثر نعومة لأن طول الموجه أصغر بكثير وهذا ما يمكن تحقيقه نظراً لصغر القرص.

إن المعضلة الكبيرة في استقبال الحزمة Ku هي أن الأمطار والرطوبة ينجم عنها تخميداً قاسياً وأكبر بكثير مما هو عليه في الحزمة C. وهذا لأن حبة المطر الوسطية تمثل مخمد ربع طول موجة مثالي بالنسبة للحزمة Ku وبذلك فإنه أثناء الهطول الغزير للأمطار والعواصف الثلجية، يحصل تخميد كبير للإشارة و يُستثنى من ذلك النظام المصمم مع هامش خفوت "Fade margin" مناسب، وتتم حماية المستقبل بغرفة سطح لتعويض الفقدان الكبير للإشارة. يسمى التداخل الناتج عن المطر بالتداخل الجوي لتشابه مع التداخل الأرضي الذي يحدث أحياناً في أنظمة الحزمة C.

استخدام المجالات الترددية

كما هو الحال في أي نظام، ينبغي أن تتوفر لدى مستثمري الأقنية الفضائية قائمة بالترددات الخاصة بكل قنال ولما كانت بعض الترددات في الحزمة Ku وما فوقها غير مستعملة، فإن الطلب المتزايد على الاتصالات الفضائية والتقنية المتطورة باستمرار جعلت الإرسال عند الترددات الأعلى ليس بعيد المنال. فمثلاً في القارة الأوربية وبسبب قلة استخدام الحزمة C فإن معظم البرامج التلفزيونية تبث في الحزمة Ku، أما القارة الأمريكية وعلى الرغم من انتشار البث على الحزمة C فهناك ميلاً نحو اشغال الحزمة Ku. لقد تم حجز الترددات الأعلى في الحزمة Ka (20 إلى 30 جيغاهرتز) ولكن في عام 1977 أشار المجمع العالمي لإدارة الراديو (WARC) للصعوبات الناجمة عن استقبال هذا الطيف الترددي، فمن وجهة نظرهم البيروقراطية، توقعوا تقدماً تقنياً في منصف الثمانينيات بحيث يكون معدل الضجيج للمكبر LNB في الحزمة Ku بحدود 7 ديسبل ولكن ما حدث لم يؤيد توقعاتهم إذ أن المكبر LNB الذي تم إنجازه يتمتع بمعدل ضجيج 1.4 ديسبل وذلك لأن الترانزستورات GaAs FETs كانت قد دخلت السوق بقوة.

إن التخطيط للبث المباشر عبر الأقمار الاصطناعية قد كان بدون جدوى، خاصةً في أوربا، ولعله أكثر قليلاً من لا شيء إذ أن مؤسسات البريد و البرق والهاتف (PTT) وبعض الحكومات الأوربية تأخرت كثيراً قبل اتخاذ القرار بإطلاق مركباتها الفضائية. وأكثر من ذلك فإن المغامرين من الأوربيين استخدموا المجال FSS بدلاً من المجال المخصص للبث المباشر DBS.

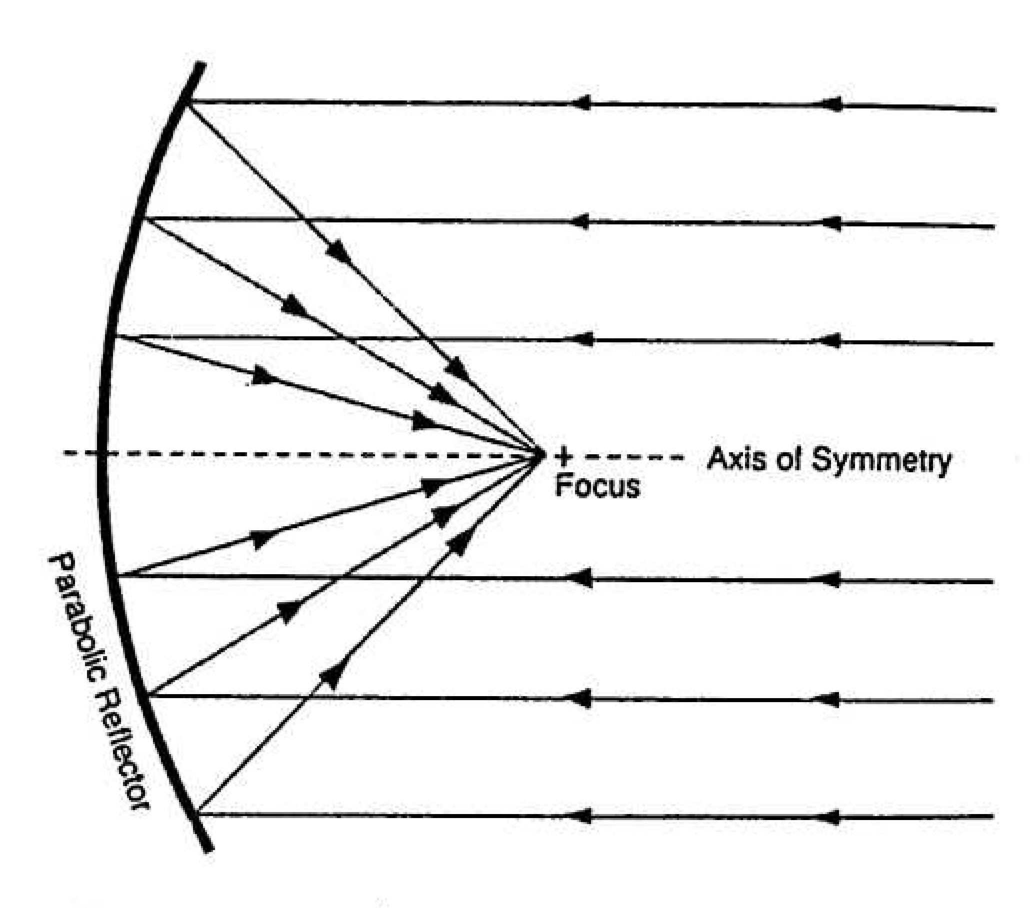


2



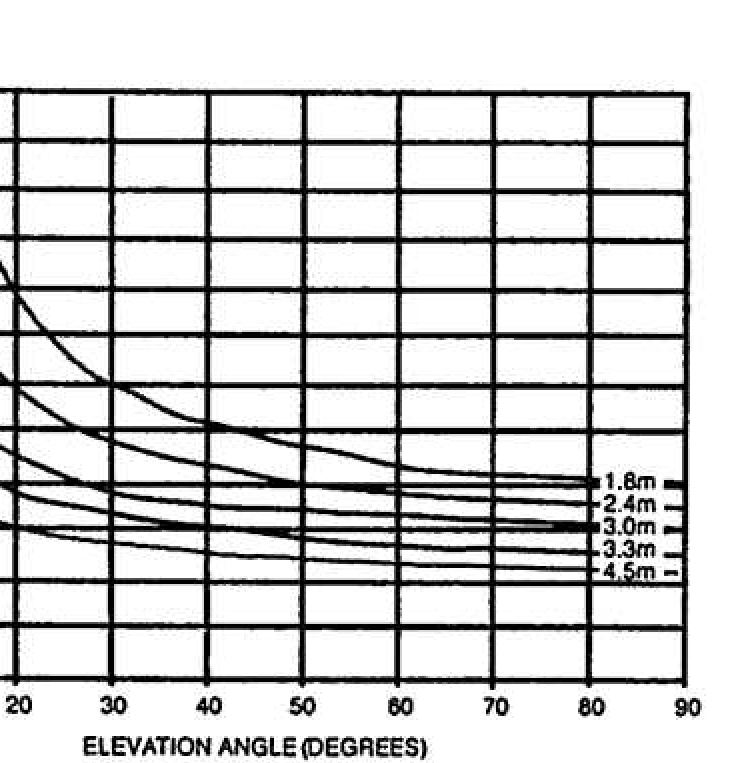
هوائيات استقبال الأقمار الاصطناعية

قرص الهوائي هو قطع مكافئ له شكل دوراني حول محور التناظر (الأشكال 1.2 و 2.2). إنه يجمع ويركز الإشعاع في المحرق كما تفعل العدسات الضوئية.

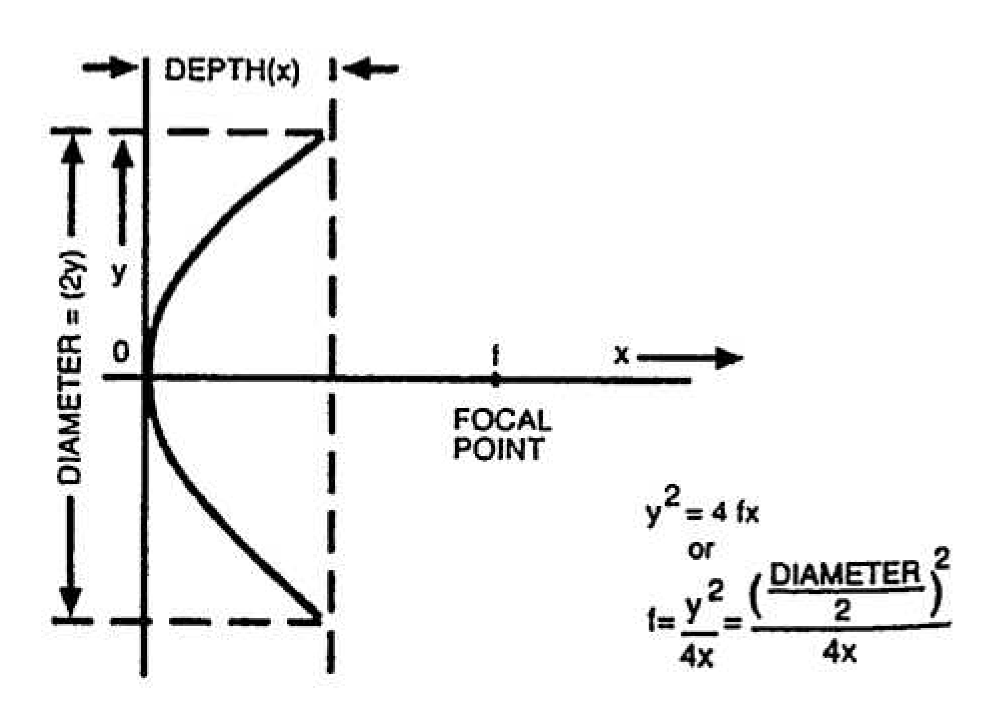


شكل 2-1 للقطع الناقص خاصية عكس جميع الأشعة الواردة والموازية لمحور التناظر إلى محرق مشترك واقع إلى الأمام باتجاه المركز.

يستقبل العاكس الضجيج الخارجي المرافق للإشارة المرغوبة، ويكون الضجيج الحراري للهوائي في أدنى قيمة حين يكون القرص باتجاه الأعلى، يزداد الضجيج إلى مستوى عالٍ جداً عندما تكون زاوية الارتفاع أقل من 10 درجات بالنسبة للحزمة Ku و 5 درجات للحزمة C، حيث يلتقط الهوائي الضجيج الأرضي (شكل 2-3). إن كمية الضجيج الفعلية هي تابع للنسبة F/D، وهي النسبة بين المحرق وقطر الهوائي الأشكال (2-1 و 2-3).



شكل 2-3 الضجيج الحراري للهوائي هو تابع للنسبة F/D بالإضافة إلى زاوية الارتفاع التي يتجه بها القرص نحو المدار المستقر للأقمار الاصطناعية.



شكل 2.2 حساب أبعاد الهوائي.

المواد التي يصنع منها قرص الهوائي

يجب أن يكون سطح العاكس مصنوعاً من المعدن ليعكس الإشارات الميكروية الواردة. وعلى الرغم من أن بعض أقراص الهوائيات تكون مصنوعة من اللدائن أو الفيبر، غير أنها تحتوي على شبكة معدنية مخفية لتقوم بعكس الإشارات الواردة من الأقمار الاصطناعية.

إن القرص المعدني المشكل من قطعة واحدة غالباً ما يحقق أفضل أداء، لأنه لا مجال لحدوث أخطاء أثناء التركيب ويحافظ العاكس على شكله الدقيق لفترة طويلة. كذلك يوجد شكل آخر لقرص الهوائي واسع الانتشار أيضاً، وذو أداء جيد. مؤلف من أربع قطع معدنية أو أكثر. في هذه الحالة يجب الانتباه إلى عدم وجود اختلاف في المستوى عند الانتقال من قطعة إلى قطعة تليها. وعموماً لا تحدث مثل هذه الأخطاء في التركيب حين يتم تجميع القطع وسطح الهوائي متجه نحو الأسفل على أرض مستوية.

إن هذه الأنواع من الهوائيات متوفرة على شكل شبكي. ويكون قطر الثقوب فيها تابع لطول موجة الإشارة، إذ ينبغي أن يكون صغيراً كفاية لتمرير طول الموجة للإشارة الواردة أو الطنين معها وأن يكون القطر كبيراً بحيث يجعل كتلة الهوائي في حدودها الدنيا.

إن الهوائيات الشبكية هي أكثر عرضة لأخطاء التركيب، كما أنها تخضع للعوامل الجوية. فمثلاً يمكن أن تسبب العواصف والرياح القوية في فقدان مثبتات الشبك إلى الإطار أو إلى تخريب الشكل الأساسي للهوائي. وقد يصل الأمر إلى نزع لوح أو أكثر من مكانه.

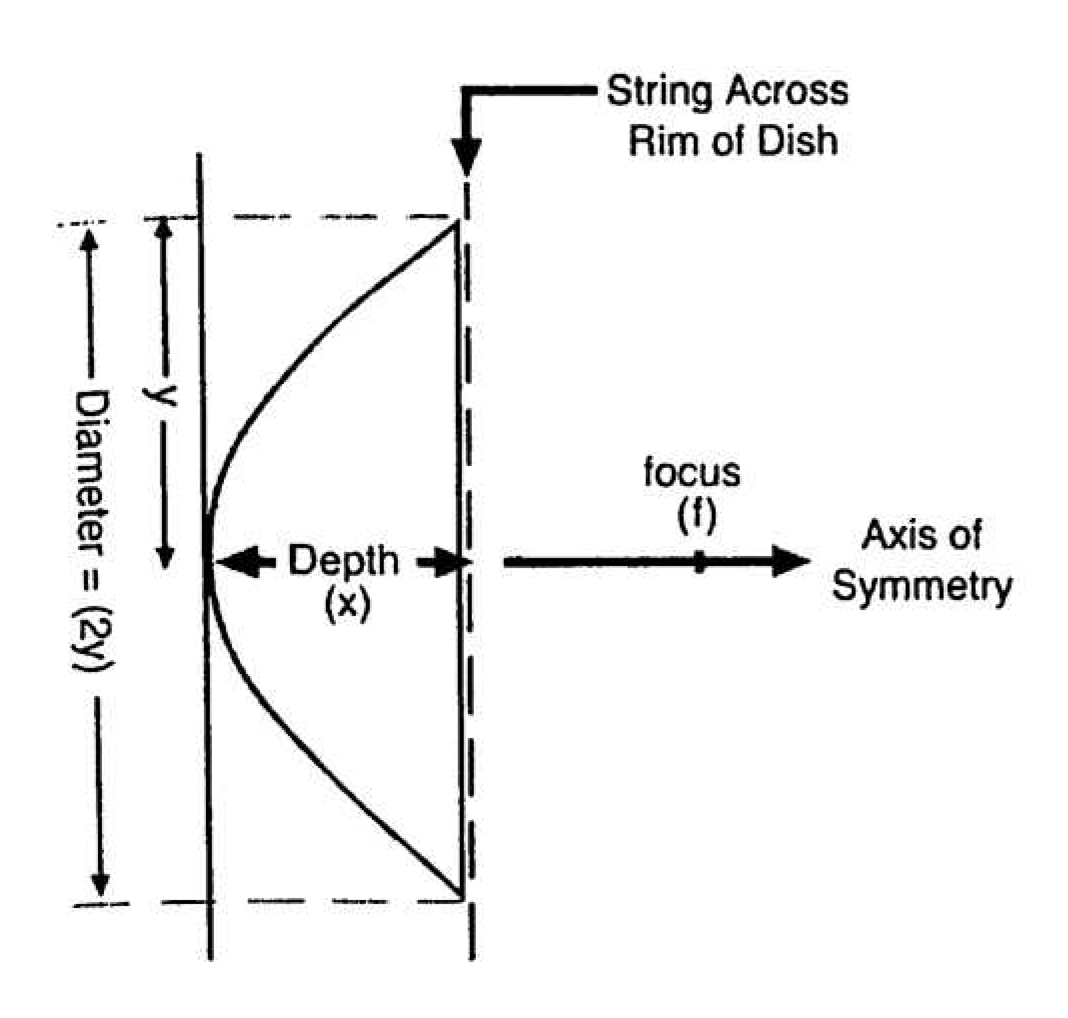
ينبغي على عامل التركيب أن يقوم بفحص التموجات، إذ يجب أن يبدو سطح العاكس بدون تموجات واضحة. كما يلزم وجود استمرارية حين الانتقال من لوح إلى آخر.

إن تناظر الهوائي ذو أهمية كبيرة، ويجب التأكد من جودة تصنيع الألواح التي تشكل الهوائي لأنها يمكن أن تؤثر على انحناء العاكس. لذلك ينبغي على الفني أن ينظر إلى محيط القرص ويتأكد بالنظر من أنه يقع في مستوى واحد، وسوف يضطر إلى إعادة فك القطع المكونة للهوائي وإعادة تركيب الألواح إذا لاحظ أن الخطين المارين من الحافة القريبة للناظر والحافة البعيدة عنه غير متوازيان. ويمكن كشف وجود التواء في القرص باستخدام خيوط تثبيت على محيط العاكس. وهذه الخيوط يجب أن تتلامس في نقطة المركز (شكل 2-4).

الهوائيات ذات المحرق الأولي "Prime Focus"

يكون المغذي (الإبرة) في نقطة المحرق للقطع المكافئ حيث تتجمع الأمواج المستوية وكذلك كتلة LNB التي يجب أن تكون قريبة من المغذي على الرغم من تعرضها للعوامل الجوية.

إن هذا النوع من الهوائيات سهل التصنيع والتركيب ولكن يوجد نقطتان سلبيتان لهذا التصميم، إذ أن وجود المغذي أمام القرص مع قضبان التثبيت يحجب جزءاً من الإشعاع، إضافة إلى وجود الحواف مما يجعل مردود الهوائي بحدود 55 إلى 60% فقط، كذلك فإن توجه المغذي نحو الأرض يجعله في وضع مناسب لالتقاط الضجيج الأرضي.



شكل 2-4 تثبيت الخيوط حول محيط القرص. هي واحدة من الطرق للتاكد من جودة التصنيع. وهي تسمح ايضاً بقياس عمق القرص.

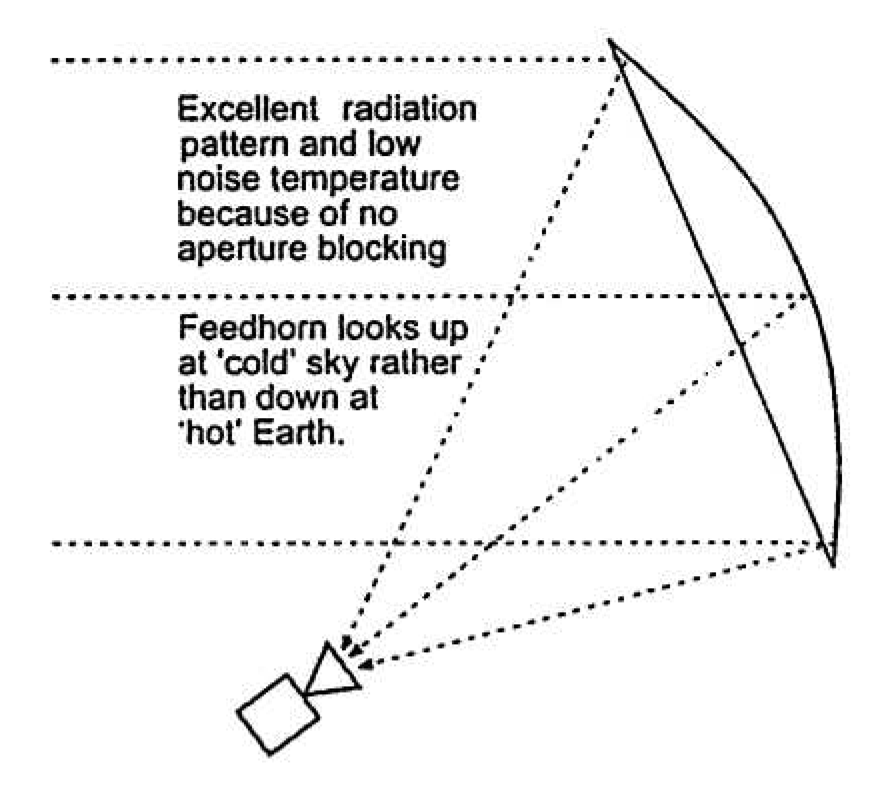
يوجد طريقتان لتثبيت المغذي، الطريقة الأولى تكون باستخدام حلقة مع ثلاثة أو أربعة قضبان تفيد في تمركز المغذي مع كتلة LNB في المكان المناسب ولكن هذا التصميم يجعل عملية البحث عن المحرق بحاجة لضبط دقيق.

تعتمد الطريقة الأخرى على استخدام "كلابة" لتثبيت اللاقط وكتلة LNB في المركز. وهناك مرونة كبيرة في ضبط نقطة المحرق لأنه من الممكن إجراء الحركة المناسبة بسرعة وسهولة. ولكن من غير الممكن تحقيق ضبط دقيق للمحرق في حال استخدام أكثر من "إبرة". إن استخدام المحرك يمكن أن يؤدي إلى تغيير في موضع المغذي عند البحث عن الأقمار الاصطناعية والانتقال من موقع إلى آخر. كذلك الرياح العاصفة قد تغير مؤقتاً من الوضع الصحيح للمحرق.

الهوائيات ذات التغذية المزاحة Offset-Fed

إن التصميم الاهليلجي للهوائي هو الخيار المناسب لمعظم أنظمة الاستقبال الرقمية للأقمار الاصطناعية وهذا يعرف بالتسمية "OFFset Fed antenna" (شكل 2-5). هنا يستخدم جزء من القطع المكافئ بحيث يكون المحور الكبير في اتجاه شمال-جنوب والمحور الصغير في اتجاه شرق- غرب. ويعمل هذا الهوائي بنفس طريقة القرص العاكس. إن هذا التصميم يلغي مسألة الحجب الجزئي لأن المغذي يتوضع خارج منطقة إشعاع الهوائي، وذلك هامّ خصوصاً عندما

يكون القطر أقل من متراً واحداً، لذلك يقل الضجيج الحراري لأن اللاقط يتوجه نحو الأعلى وبالتالي يبتعد عن الضجيج الأرضي. ولهذه الأسباب يزداد مردود الهوائي إذ يكون بحدود 70%.



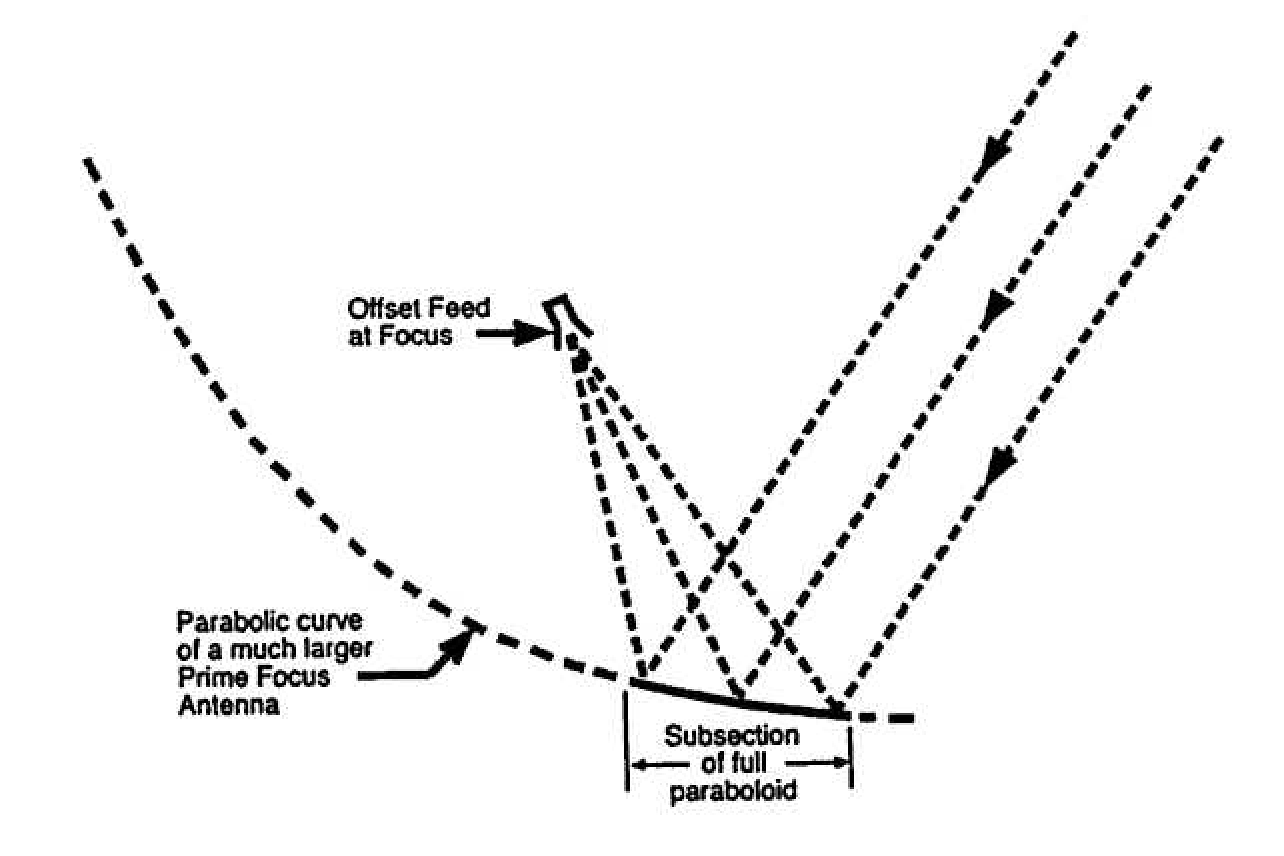
شكل 5.2 مخطط لهوائي التغذية المزاحة

الهوائي Cassegrain

هوائي ذو عاكس مزدوج، جرى استخدامه في البداية من أجل الوصلة الصاعدة في المحطة الأرضية، إن هذا التصميم يحسن مردود الهوائي ليصل إلى 78%. وهو يتميز بوجود عاكس كبير مقارنة بالهوائي ذو المحرق الأولي، وإضافة عاكس آخر محدب ذو قطر صغير للتخفيف من حجب الإشعاع (شكل 2-7) ولكنه يزيد عن خمسة أضعاف طول الموجة للتقليل من ظاهرة التبعثر diffraction.

إن هذا التحديد يجعل استخدام هذا النوع من الهوائيات غير ممكناً في الحزمة C حين يكون قطر الهوائي الرئيسي أقل من خمسة أمتار.

إن الجديد في هذا الهوائي أنه يسمح بتجميع حزمة الإشعاع للعاكس الرئيسي وبالتقليل من الضجيج خارج الإطار وذلك من خلال دراسة تصحيح العاكس الفرعي ليجعل الأفضلية للإشعاع الوارد من داخل القرص الرئيسي وبحيث يتناقص سريعاً بعد تجاوز الإطار.



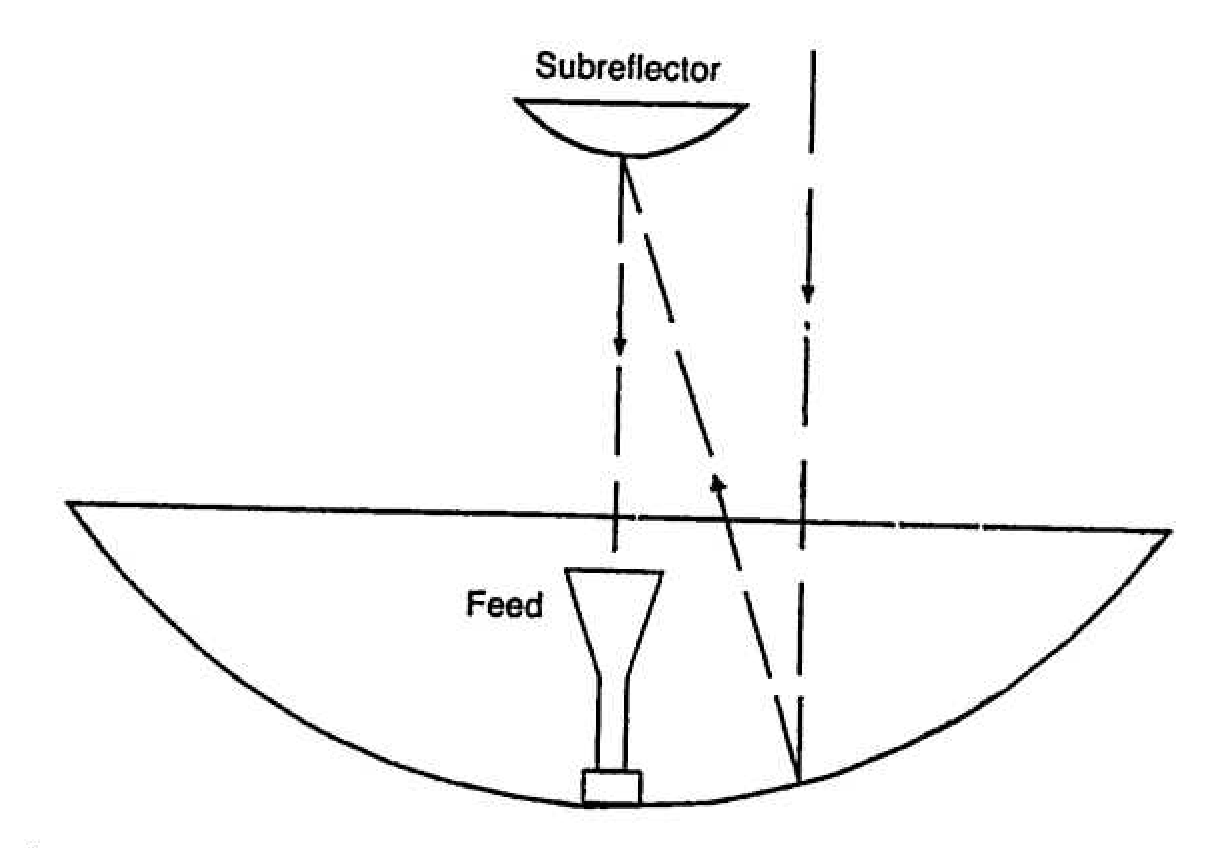
شكل 2-6 محيط هوائي التغذية المزاحة هو جزء من القطع المكافئ.

إن هذا الهوائي يحقق ربحاً إضافياً قدره 1.5 dB من أجل هوائي ذو قطر معين، وذلك من خلال تحسين المردود، ولكن ذلك يتم بكلفة إضافية وتعقيداً في عملية التركيب.

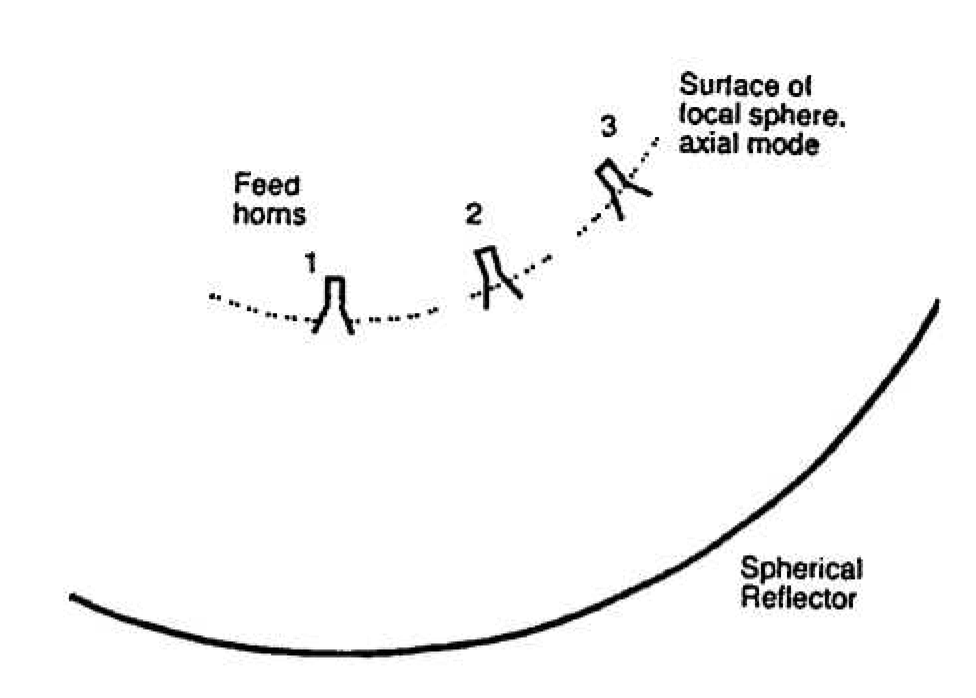
الهوائي الكروي Spherical Antenna

استخدمت الهوائيات الكروية في أنظمة توزيع الأقنية بالهوائي المشترك SMATV حيث الرغبة باستقبال الإشارات من عدة أقمار اصطناعية باستخدام هوائي وحيد. وقد استخدم هذا الهوائي لأنه يسمح بإيجاد أكثر من محرق أمام قرص العاكس وبذلك يستفاد من كل نقطة محرق لالتقاط الإشارات من تابع صنعي معين.

إن محيط العاكس يكون بحيث إذا امتد بعيداً على المحورين فإنه سيشكل كرة (الشكل 2-8). يمكن إذن اعتبار الهوائي جزءاً من كرة بحيث يوجد عددٌ غير محدود من المحاور وليس بينها محوراً للأفضلية. كل محور منها يمثل نصف قطر الكرة.



شكل 2-7 الشكل الهندسي لهوائي Cassegrain. إن مجال الرؤية لهذا الهوائي محجوب جزئياً لوجود العاكس الإضافي. لذا يجب أن يكون قطره صغيراً لجعل الإعاقة أقل ما يمكن، ولكن يزيد عن خمس أطوال الموجة للإشارة الملتقطة لتجنب تأثير التبعثر diffraction.



شكل 2-8 الشكل الهندسي للهوائي الكروي

يمكن الحصول على ربح يساوي تقريباً الربح الناتج عن هوائي ذو قطر يساوي قطر المنطقة من الكرة التي تعكس الإشعاع. وكلما كان المغذي (الإبرة) أقرب إلى العاكس كلما كان مردود الهوائي أفضل.

إن معظم الهوائيات الكروية تعمل بشكل مقبول ضمن زاوية 20± درجة بعيداً عن المحور. بعدها يتناقص الربح سريعاً لفقدان التمركز.

الهوائيات المسطحة PLANAR ARRAY

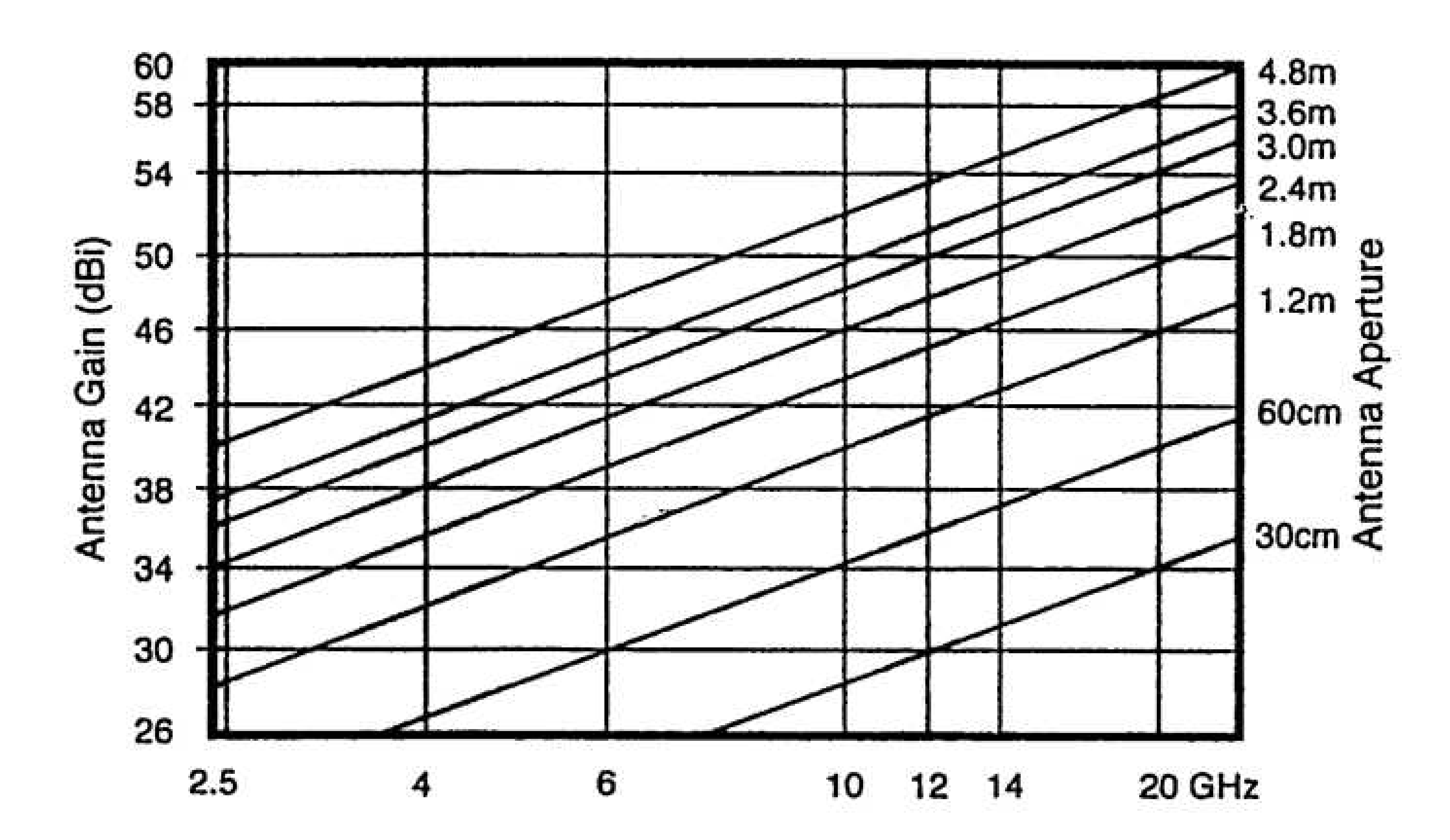
انتشرت هذه الهوائيات في اليابان، وهي لا تعتمد على مبدأ الانعكاس المستخدم في الهوائيات الأخرى، إنما تعتمد على نشر شبكة عنكبوتية من عناصر معدنية مطمورة تحت سطح الهوائي. لهذه العناصر حجوماً وأشكالاً تجعلها في حالة طنين مع الإشارات الميكروية الواردة. وتوجد شبكة أخرى من خطوط التغذية تقوم بجمع الإشارات وتوحدها طورياً وتسوقها إلى نقطة في مركز الهوائي تعمل كمغذي رئيسي للكتلة LNB.

لهذا الهوائي ميزة عدم وجود إعاقة لإشعاع الهوائي، إذ لا يوجد مغذي (إبرة) وكذلك تتوضع كتلة LNB خلف الهوائي بعيداً عن الناظر، وبما أن هذه الهوائيات معدة لاستقبال الإشارات من قمر اصطناعي واحد أو مجموعة من الأقمار لها نفس المدار، لذلك من الممكن تثبيتها على الجدار الخارجي أو على سطح البناء.

إن أهم مساوئ الهوائيات المسطحة هي أنها ذات عرض حزمة ترددية محدودة لا تتجاوز 500 ميغاهرتز، في حين يمكن استخدام الهوائيات ذات القطع المكافئ لاستقبال إشارات الحزم الترددية C.S و Ku معاً. كذلك ينبغي الأخذ بالاعتبار الكلفة العالية لهذه الهوائيات، فهي تتجاوز أربع أضعاف مثيلاتها من الهوائيات ذات العواكس المكافئة لها من حيث خصائص الإشارة المستقبلة.

ربح الهوائي والنسبة G/T

إن ربح هوائي الأقمار الاصطناعية هو مقياس يعبر عن إمكانية تكبير الإشارة الواردة - يعبر عنه بالديسبل- وهو تابع لسطح الهوائي، وكلما كان السطح أكبر، كلما ازداد ربحه. ويرتبط الربح أيضاً وبشكل مباشر مع عرض حزمة الإشعاع للهوائي (شكل 2-9).



شكل 2-9. ربح الهوائي (G) هو تابع لتردد العمل، قطر الهوائي ومردود سطح الالتقاط $G=10\log(4\pi Ag/\lambda^2)$ حيث A هو السطح الفعال ويساوي (πR^2) بالنسبة لهوائي القطع المكافئ الدائري، g هي مردود فتحة الإشعاع و λ طول الموجة.

إن مردود الهوائي هو النسبة المئوية من الإشارة الملتقطة بواسطة العاكس وتلك التي يستقبلها المغذي فعلاً (الإبرة) وذلك يعود للتخميد الذي يحصل على الجزء المحيط بقرص الهوائي. وهذا يجعل عامل الربح أقل أهمية مما يبدو في البداية.

إن قيمة شكل الجدارة "figure of merit" لهوائي الاستقبال هي النسبة G/T التي تمثل الربح بالديسيبل منقوصاً منه حرارة الضجيج مقدرة بالديسيبل أيضاً.

وفي نظام استقبال عادي للإشارة الفضائية المنزلية تكون النسبة G/T مساوية 20 dB/K في الحزمة C، 12.7 dB/k في الحزمة Ku وكلما ازدادت استطاعة القمر الاصطناعي كلما نقصت النسبة G/T اللازمة لنظام الاستقبال الأرضي.

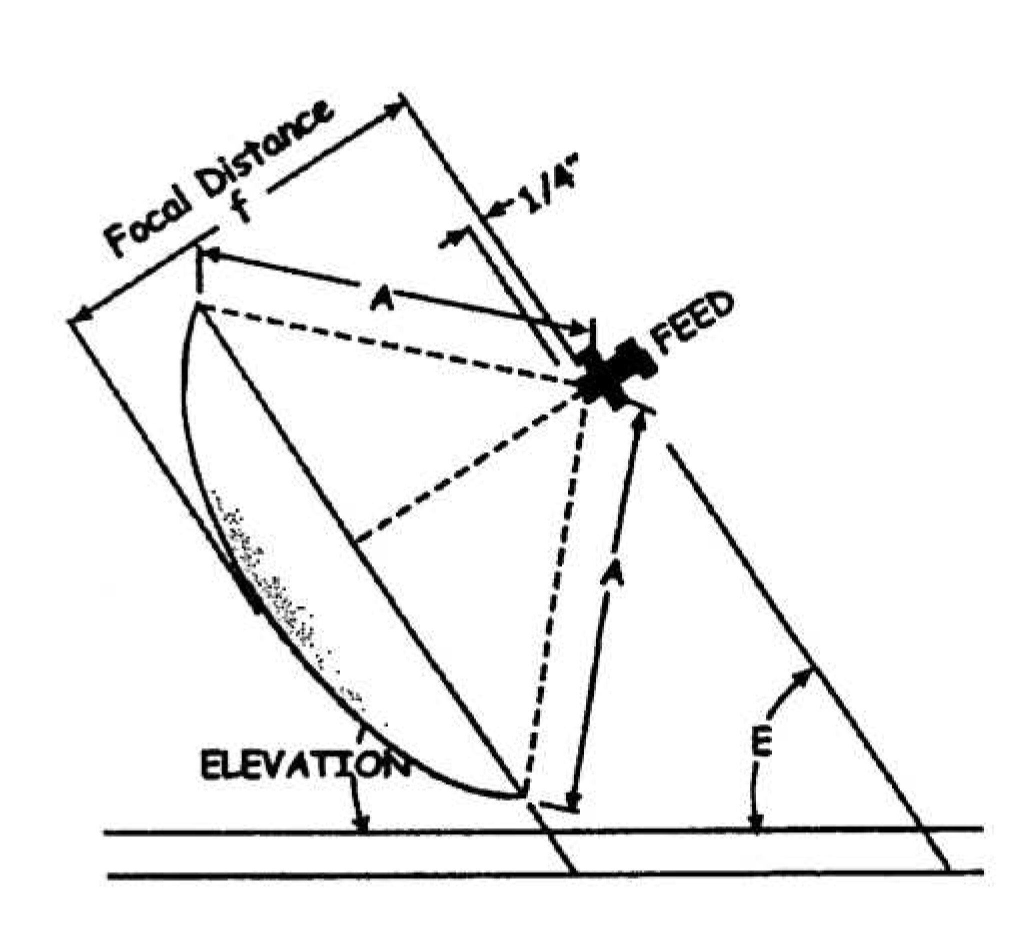
تأتي حرارة الضجيج (T) من مصدرين، ضجيج الهوائي وهو يتراوح بين 30 و 50K . والضجيج المتولد عن كتلة LNB ويساوي في حده الأدنى إلى 20K في الحزمة C. إذا أضيف ضجيج هوائي مقداره 40K إلى ضجيج LNB مساوياً 35K نحصل على حرارة ضجيج للنظام 75K وذلك يكافئ 18.8dB للمقدار T.

فإذا علم بأن هوائي بقطر 1.8 متر يعمل في الحزمة C له عامل ربح 38dB، فإن النسبة G/T تكون مساوية 19.2dB/K.

النسبة F/D للهوائي

هي نسبة البعد المحرقي إلى قطر الهوائي مقاسة بالوحدة ذاتها (شكل 10-5). فمثلاً عاكس قطره 3 أمتار وبعده المحرقي 1.26 متراً يعطي نسبة F/D تساوي 0.42. هذه النسبة تحدد أيضاً عمق الهوائي. فإذا كانت مرتفعة فذلك يعني أن الهوائي قليل العمق في حين يكون القرص عميقاً متى كانت النسبة منخفضة. إن أصغر قيمة لهذه النسبة تساوي 0.25 وذلك في حال وجود المحرق في مستوى فتحة الهوائي.

حين تكون النسبة F/D مرتفعة، فإن عرض حزمة إشعاع قمع التغذية يجب أن تكون ضيقة، بهدف المحافظة على التقاط الإشعاع على محيط القرص والذي يكون أقل بنسبة 10 إلى 15dB من قيمته في مركز القرص. والعكس صحيح أيضاً، حيث أن القيمة المنخفضة للنسبة F/D تحتاج إلى قمع تغذية ذو حزمة إشعاع عريضة.



الشكل 2-10 يجب أن يكون المغذي متمركزاً بدقة وعلى بعد معين من قرص العاكس.

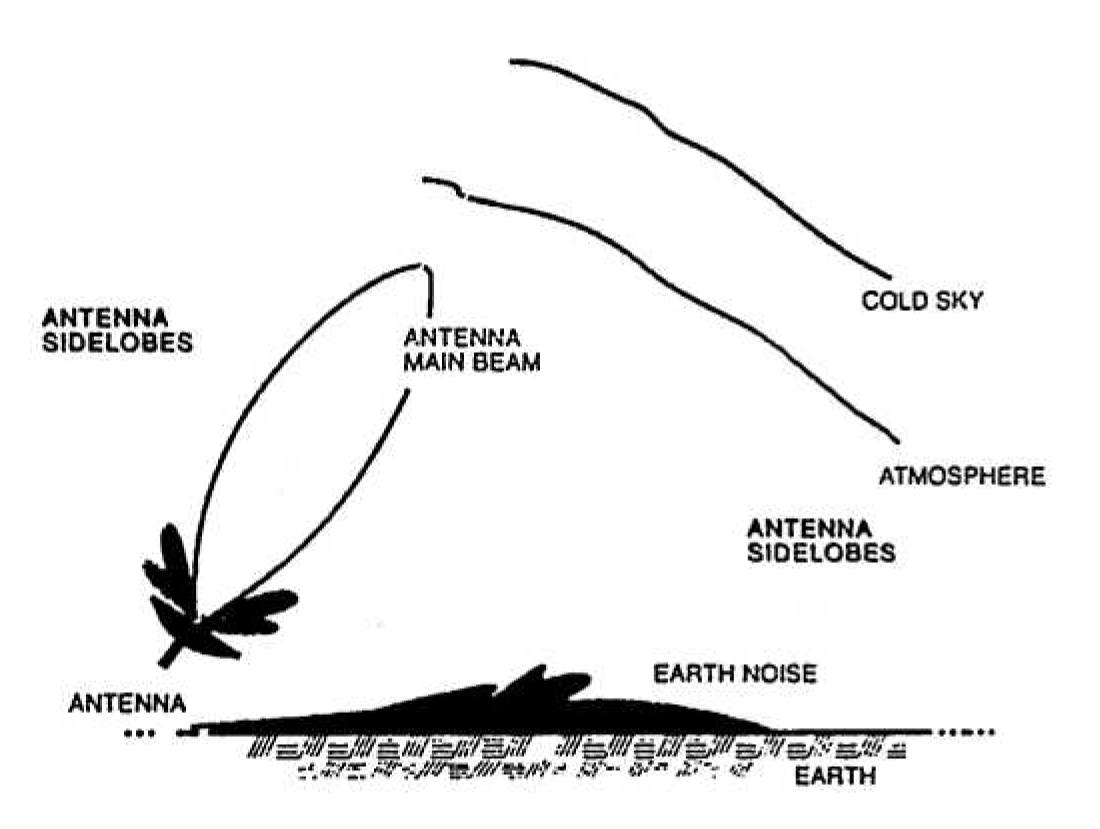
إن قرص هوائي ذو قطر 3 أمتار أو أقل، يستخدم عموماً مغذي إشعاع يتناقص تدريجياً بمقدار 12dB وذلك من أجل تردد 4GHz، بينما الهوائي الأكبر حجماً يستخدم مغذي ذو

تناقص تدريجي يساوي 15dB. وهكذا يجب تحقيق التوازن بين ربح الهوائي وحرارة الضجيج لتعويض دخول الضجيج العشوائي الناتج عن الإشعاع الزائد لقمع التغذية أو زاوية الارتفاع المنخفضة وما يترتب من ضجيج للفصوص الثانوية في المخطط الإشعاعي للهوائي.

على الرغم من أن البعد المحرقي المرتفع للهوائي المسطح يزيد من سطح الإشعاع للعاكس، فإن الهوائي المسطح يكون أكثر قابلية لالتقاط الضجيج الأرضي. وعموماً يزداد ضجيج الهوائي مع ازدياد زاوية الارتفاع. إن الهوائي العميق يتطلب وجود قمع التغذية (الإبرة) قريباً من محيط العاكس، لذلك فإنه يتمتع بحصانة أكبر ضد الضجيج الأرضي (TI). ولكن قرب المغذي من العاكس يجعله غير قادر على جمع الإشعاع من كامل السطح.

ارتداد الفصوص الثانوية

إن الانتشار الواسع للاتصالات الفضائية قاد إلى تضيق الفراغات بين الأقمار الاصطناعية على المسارات المستقرة. إضافة إلى أن التوابع الصنعية الأخيرة أخذت ترسل إشارات باستطاعات أعلى من السابق. لهذين السببين فقد زادت إمكانية التداخل interference بين الأقمار المتجاورة. إن الهوائي المثالي ذو القطع المكافئ يستقبل فقط الإشارات من القمر الاصطناعي الموجه نحوه في حين ترتد الإشارات القادمة من اتجاهات أخرى. في الواقع، كل هوائي له حزمة إشعاع رئيسية باتجاه محور التناظر وحزم أخرى ذات استطاعة أقل تسمى "بالفصوص الثانوية" تتوضع على الزوايا المجاورة (الشكل 11.2). و يقاس أداء الهوائي بتدوير منبع إشعاع حوله وتمثيل ربح الهوائي مقدرا بالديسبل على مخطط إشعاعي (الشكل 2-12).

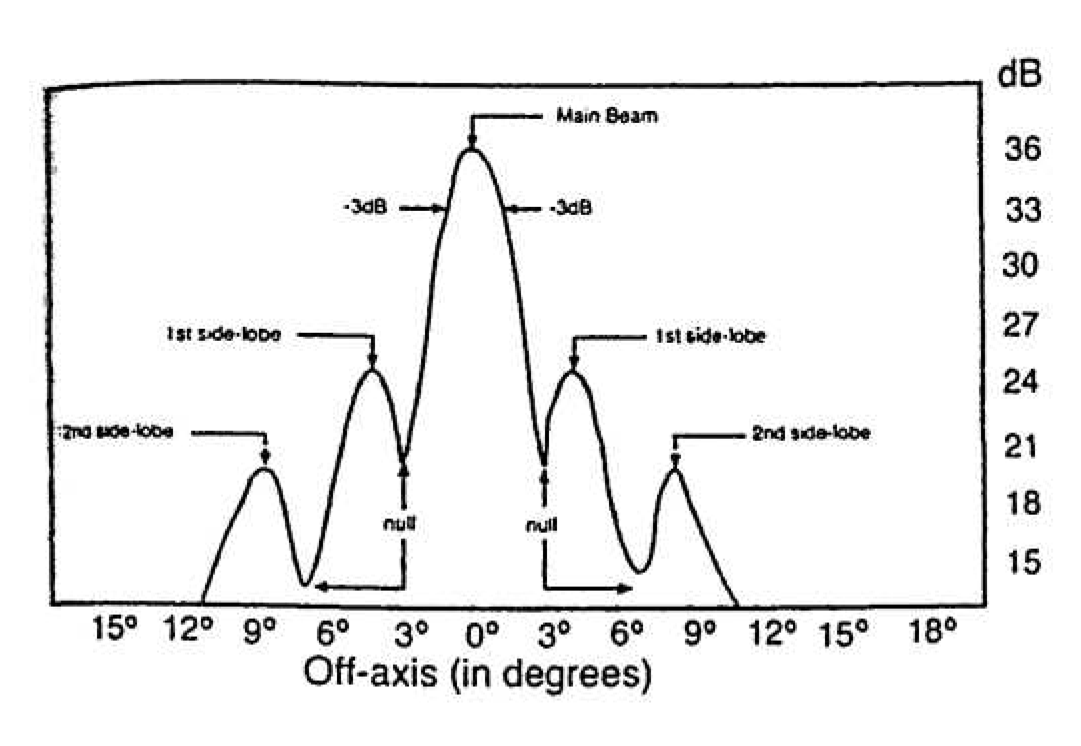


الشكل 2-11 جميع هوائيات القطع المكافئ تولد فصوصاً ثانوية يمكنها استقبال إشارات من منابع أخرى غير تلك التي يوجه إليها الهوائي

إن شكل المخطط يدل على توضع الفصوص الثانوية، إضافة إلى الفرق بينها وبين فص الإشعاع الرئيسي عند مستوى 3dB-.

إن الهدف الذي يسعى لتحقيقه جميع مصنعي هوائيات الأقمار الاصطناعية للتلفزيون هو الوصول إلى ربح للفصوص الثانوية بحيث يكون أقل من ربح الفص الرئيسي بمقدار يتراوح من 15- إلى 18dB-. هذا التخميد للفصوص الثانوية يكفي عموماً لمنع التداخل بين الأقنية الفضائية. إن توضع محاور الفصوص الثانوية هي تابع لقطر القرص وتردد الإشارة المستقبلة.

ينبغي إذن اختيار هوائي ذو قطر كبير بحيث تتوضع إشارات الأقمار المجاورة في "الصفر Null" الأول على المخطط الإشعاعي لهوائي الاستقبال، أو استخدام هوائي ذو حزمة جانبية ذات مستوى أخفض بمقدار 15dB- على الأقل عن حزمة الإشعاع الرئيسية.



شكل 2-12 اختبار هوائي يوضح الفصوص الثانوية لقرص ذو قطر 60 سم

الضجيج الحراري للهوائي

تستقبل جميع الهوائيات بالإضافة للإشارة المفيدة مقدار من الضجيج الحراري يتناسب مع قطر الهوائي وزاوية الارتفاع وتردد العمل.

ينصح عادةً بزوايا ارتفاع أصغرية وهي (5) درجات للحزمة C و (10) درجات للحزمة Ku، وعندما تكون هناك ضرورة لأن تكون زوايا الارتفاع منخفضة لالتقاط القمر أو الأقمار الاصطناعية، فإن استخدام الأقراص العميقة سوف يقلل من تأثير الفصوص الجانبية مقارنةً مع أقراص مسطحة لها نفس القطر ولذلك فإن الأقراص العميقة سوف تلتقط ضجيجاً حرارياً أقل عند زوايا ارتفاع منخفضة.

قاعدة الهوائي

تحتاج جميع قواعد الهوائيات لعمليات ضبط بسيطة بحيث تسمح للفني الذي يقوم بالتركيب بتوجيه القرص العاكس نحو التابع أو التوابع الاصطناعية المرغوب التقاط إشاراتها.

يجب أن تمكن القاعدة من إجراء التوجيه بدقة والمحافظة على تلك الوضعية في مواجهة مختلف الظروف والعوامل الجوية. فمثلاً تسبب حركة قرص هوائي قطره 1.5 متراً لبعد 1.25 سم (أو 2.5 في حال هوائي بقطر 3 أمتار) إلى انتقال حزمة الإشعاع درجة كاملة. لذلك يجب أن يكون الفني حريصاً على إيجاد وضعية ثابتة للقاعدة لأن الحركة المستمرة قد تنقل المستقبل الرقمي من حالة الاستقبال الجيد إلى حالة غياب الإشارة تماماً.

ضبط زاوية السمت والارتفاع Az/El

إن قاعدة المستقبلات الرقمية غالباً ما تكون ثابتة بحيث يتم ضبطها أثناء التركيب ولمرة واحدة. وينبغي ضبط زاويتين مستقلتين هما زاوية السمت وزاوية الارتفاع وذلك بغية توجيه القرص العاكس نحو التابع الصنعي المرغوب. إن الحركة الزاوية من الشرق إلى الغرب في المستوي الأفقي لموقع الاستقبال تسمى بزاوية السمت Azimuth، كذلك الحركة الزاوية نحو الأعلى بدءاً من المستوي الأفقي تدعى بالارتفاع Elevation. ويحتاج الأمر من حيث المبدأ لمحركين لجعل قرص الهوائي يتحرك بصورة آلية لملاحقة توابع صنعية مختلفة المسارات.

إن توجيه الهوائي يكون منسوباً للمستوي الأفقي لموقع الاستقبال. وإن الاتجاه الأفقي لكل تابع اصطناعي هو بالنسبة إلى المستوي المسطح الذي يمر عبر خط الاستواء ويمتد في الفضاء، والاتجاه الشاقولي يكون منسوباً إلى محور دوران الأرض.

من موقع الاستقبال، يتم توجيه الإشارة الواردة بعملية دوران "Skew" بالنسبة إلى المستوي الأفقي للتابع الصنعي الذي يتوضع إلى الشرق أو إلى الغرب من خط غرينتش لمكان وجود المستقبل لذلك فإن أي هوائي يتحرك آلياً يتطلب قمع تغذية يكون قادراً على إجراء التصحيح الضروري للوصول إلى أفضل وضعية لاستقطاب نظام الاستقبال.

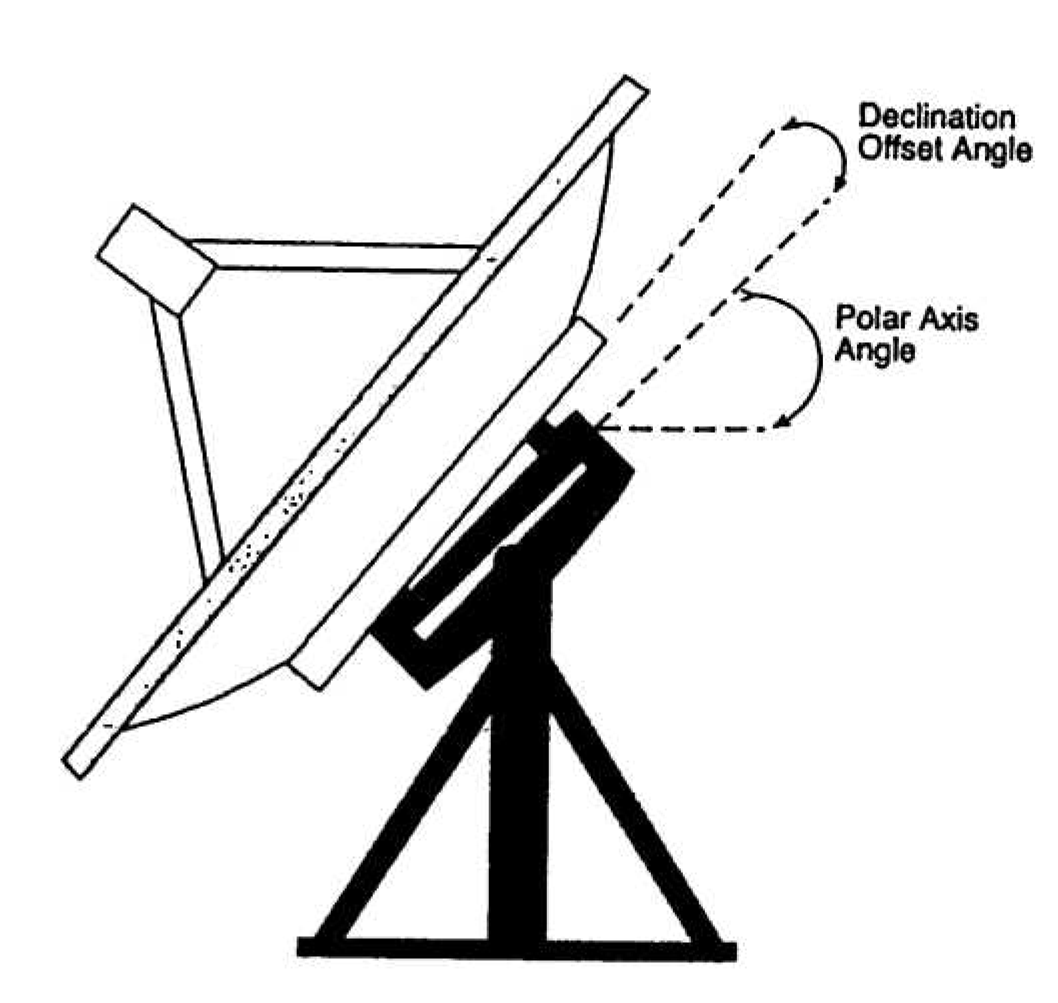
حامل المستقطب Polar mount

ينتقط المستقطب القوس المستقر لمسار التابع الصنعي بواسطة التدوير حول محور التركيب. الميزة الأساسية لهذه العملية هي الحاجة لمحرك واحد لتحريك قرص الهوائي.

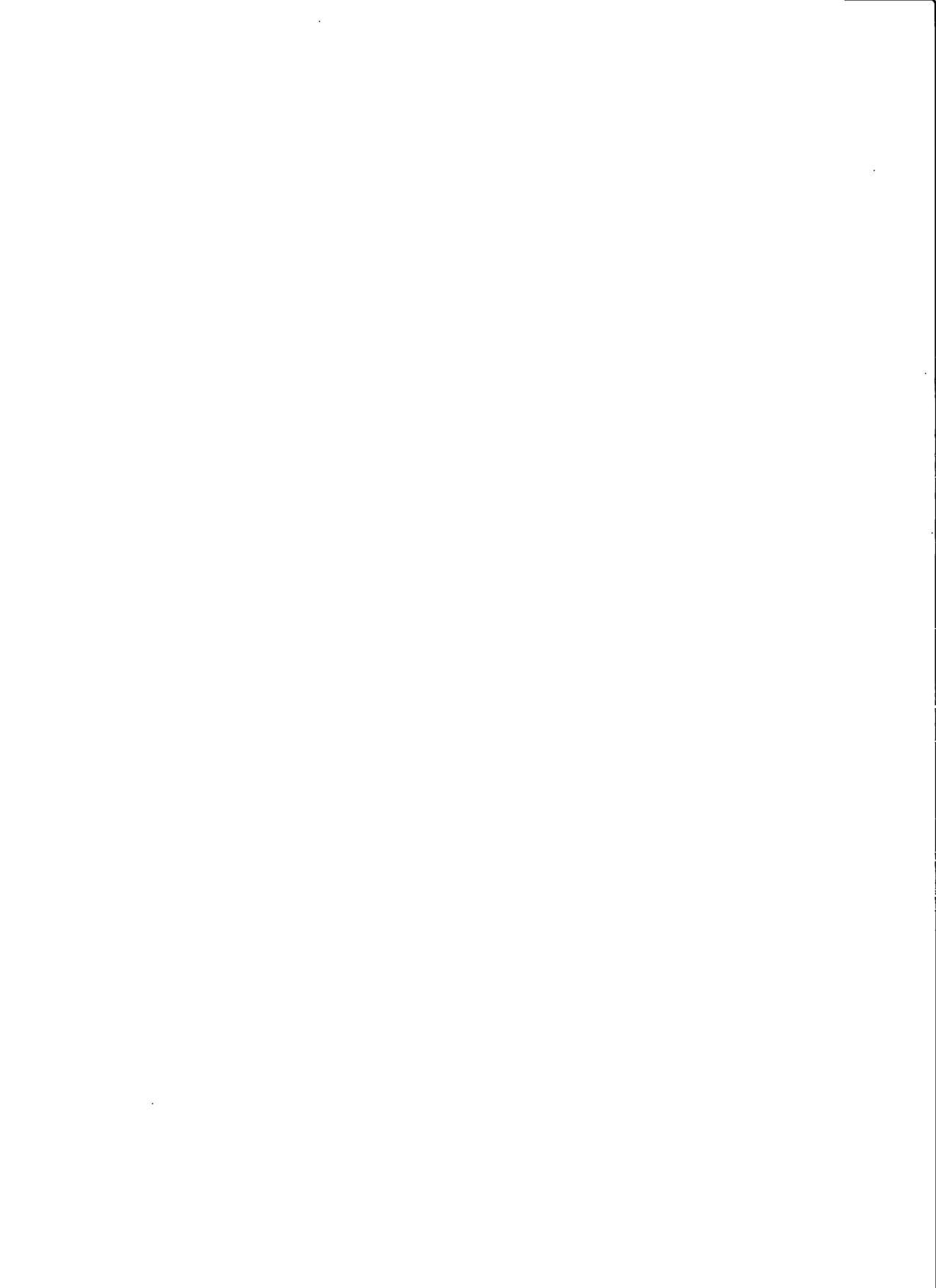
يقوم الفلكيُون عادة بتركيب أجهزة الرصد الراديوية على ما يسمى المستقطب الحقيقي"True Polar mount" الذي يتضمن محوراً موازياً لمحور دوران الأرض. يتم توجيه محور هذا المستقطب بدقة هندسية ليكون على استقامة الخط شمال/جنوب ويميل ليحقق زاوية خط العرض المحلية.

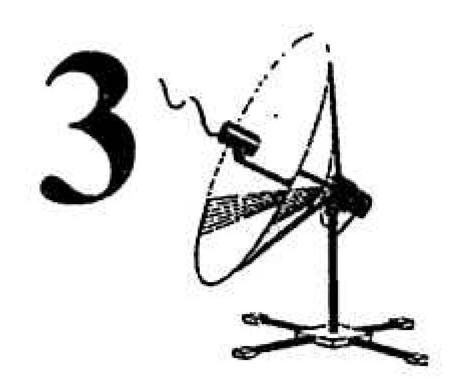
على الرغم من إن علماء الفلك يحتاجون لمثل هذا التوجيه لرصد النجوم والكواكب البعيدة، لكن تبقى الأقمار الاصطناعية قريبة نسبياً من الأرض، لذلك ينبغي تعديل محور الاستقطاب بحيث يميل قليلاً باتجاه خط الاستواء. وهذا التعديل يسمى "declination".

متى تم إيجاد زاوية تعديل الميل الصحيحة يمكن لحامل المستقطب أن يدور حول محوره لمسح قوس المدار المستقر والتقاط الأقمار الاصطناعية بدقة عالية تصل إلى أجزاء من الألف من الدرجة (شكل 2-13).



شكل 2-13 تعديل حامل المستقطب.





3

المغذيات Feeds

يجمع المغذي عند محرق الهوائي الإشارة المنعكسة عن سطح العاكس ويمررها إلى أول عنصر فعال في نظام استقبال القمر الاصطناعي وهو المضخم ذوالضجيج المنخفض. المغذيات التي مهمتها الفصل بين الاستقطابات المختلفة للإشارة لها تسميات مختلفة. ففي حين استخدم لفظ Polarotor على نطاق واسع في عالم صناعة الفضائيات المبكرة وذلك للدلالة على العنصر الذي يسمح باختيار القطبية من بين اثنين أو أكثر، جعلت شركة Chaparral من هذا الاسم ماركة مسجلة لمنتجاتها. لذلك تم اختيار Polariser للدلالة على المستقطب.

في تقنية التلفزيون الفضائي، المستقطب هو عبارة عن قطعة من البلاستيك أو العازل يقوم بتبديل استقطاب الإشارة من شكل إلى آخر، هناك مثالاً جيداً للمستقطب هو قطعة التفلون التي تتوضع في بوق التغذية بحيث تجعل استقبال الإشارات ذات الاستقطاب الدائري ممكناً.

أشكال الاستقطاب

هناك أربعة أشكال للاستقطاب مستخدمة حالياً في بث الإشارات الفضائية، فهناك الاستقطاب الخطي الأفقي والخطي الشاقولي المستخدمان غالباً في الأقمار الفضائية للإرسال المنزلي. وقد صُممت معظم أنظمة الاستقبال لالتقاط هذه الأنواع من الاستقطاب. إن الحقل الكهربائي للإشارة المستقطبة أفقياً يكون عمودياً ويشكل 90° بالنسبة للمحور شمال-جنوب، في حين يكون الحقل الكهربائي منطبقاً على هذا المحور في الاستقطاب الشاقولي.

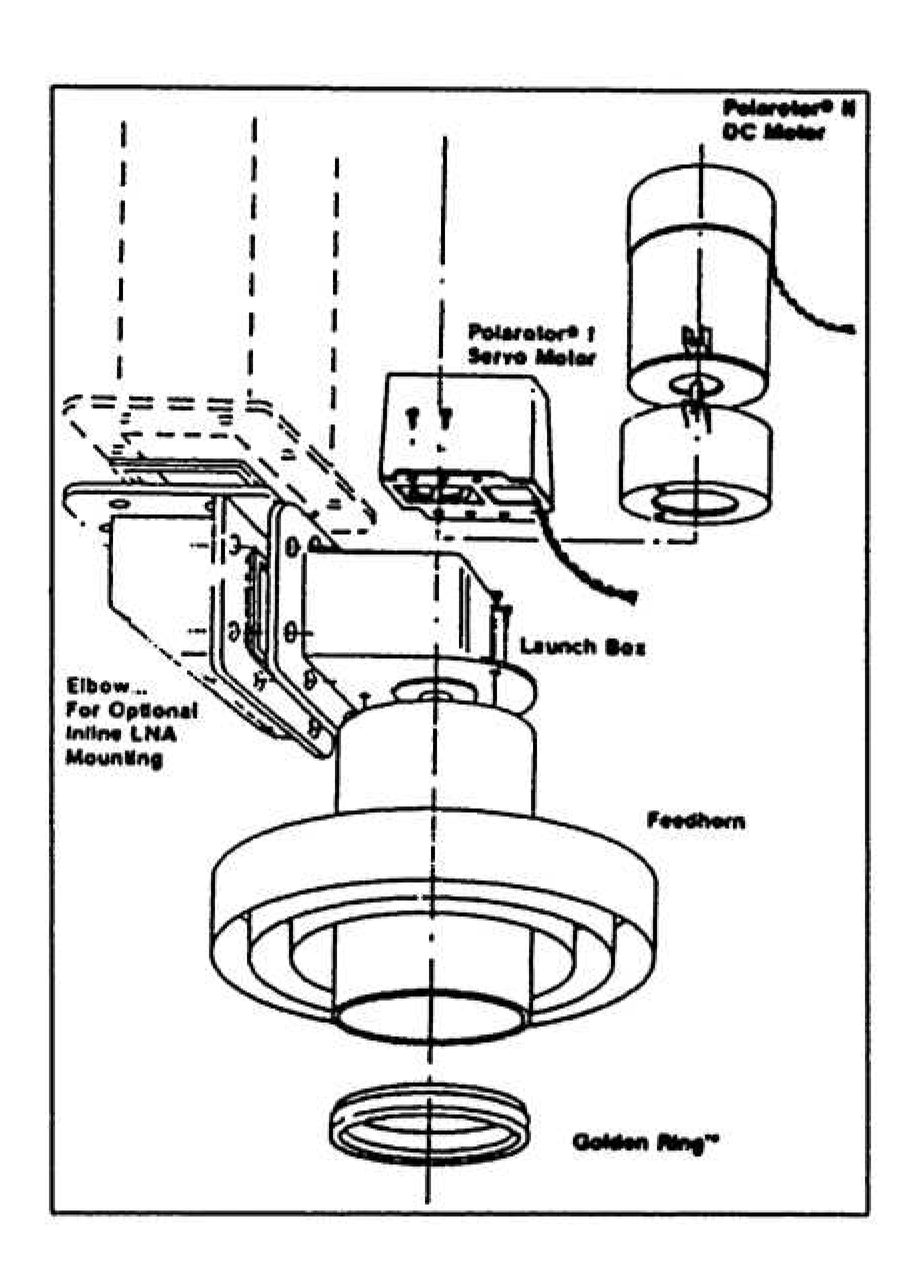
الشكلان الآخران للاستقطاب هما الدائري اليميني (RHCP) والدائري اليساري (LHCP). هذان الشكلان مستخدمان للإرسال في الأقمار العالمية Intelsat وبعض أنظمة البث المباشر DBS. والاستقطاب الدائري اليميني هو النمط الغالب في بث الإشارة المرئية، و يدور الحقل الكهربائي مع اتجاه دوران عقارب الساعة في الاستقطاب الدائري اليميني وعكس دوران عقارب الساعة في الاستقطاب الدائري اليساري بمعدل 90° لكل ربع طول موجة من حركة التقدم الأمامي. إن المستقطب الخطي العادي لا يميز بين الإشارات ذات الاستقطاب الدائري اليميني واليساري ولكنه يكشف هذه الإشارات مع ضياع أو فقدان يساوي 3dB أو نصف الاستطاعة. ولتعويض هذا الفقدان فإنه يتم تصميم قمع التغذية المعدّ أساساً لاستقبال إشارات الاستقطاب الخطي بحيث يوضع عنصر للانكسار المزدوج أو عنصر مستقطب في دليل الموجة الخاص به، هذا العنصر يغير من طور الأمواج المستقطبة دائرياً بحيث تبدو للكاشف كإشارة خطية. إن التسمية التجارية لعنصر الانكسار المزدوج هو "صفيحة العازل dielectric plate" من شركة Chaparral. ومع ذلك فإنه يتعين رفع هذه الصفيحة من دليل الموجه لاستقبال الاستقطاب الخطي وعند وضعها سوف تتعرض هذه الإشارات لتخميد 3dB. وبغض النظر عن نوع الاستقطاب المستخدم، فإن جميع الأقراص تعكس الإشارات الواردة من الأقمار إلى المغذيات المتوضعة في نقطة المحرق. هذه المغذيات تجمع وتسوق الأمواج الميكروية عبر دليل موجة دائري إلى الهوائي الحقيقي الذي هو عبارة عن لاقط صغير يوضع بدقة ضمن دليل الموجة. إن وضعية الحساس داخل دليل الموجة يحدد نوعية الاستقطاب الخطي الذي يمرره إلى المكبر LNB .

اختيار الاستقطاب والتحكم Polarisation selection and control

لقد تم إيجاد العديد من العناصر التي تهدف إلى الانتقال من استقطاب إلى آخر، كالعناصر الميكانيكية والفيريتية أو المغناطيسية وثالثة تعتمد ثنائي pin. المستقطبات الأكثر شيوعاً في أمريكا الشمالية هي الميكانيكية، أما في أوربا فالعناصر الفيريتية هي الأكثر انتشاراً.

المستقطبات الميكانيكية

المستقطبات الميكانيكية هي ومنذ زمن بعيد الأكثر انتشاراً في استقبال البث عبر الأقمار الاصطناعية في أمريكا الشمالية وكان مستقطب شركة Chaparral للاتصالات والمسمى "Polarotor™" هو الأكثر استخداماً ويعتمد على جزء ميكانيكي (انظر الشكل 3-1).



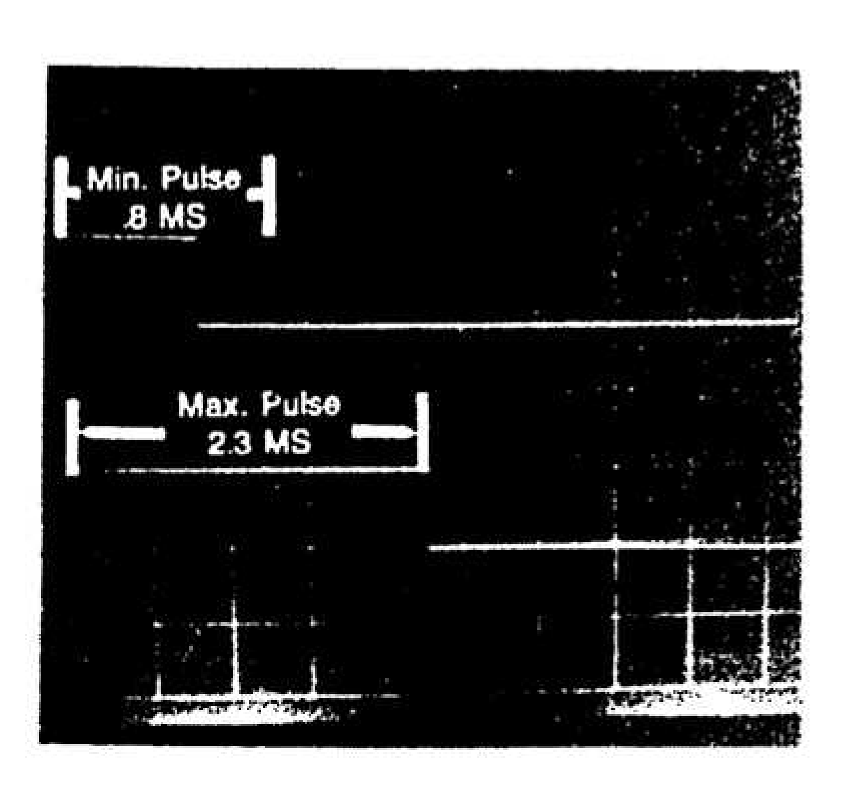
شكل 3-1 مخطط المستقطب Polarotorl. يبين هذا المخطط بنية المستقطب ويستخدم "المحبس الذهبي" للسماح لهذا النوع من المغذيات الغير قابلة للضبط بالتركيب على الأقراص العميقة.

إن مبدأ عمل هذا العنصر بسيط، ففيه يتم التحكم في وضع الحساس بواسطة محرك تخديمي صغير بحيث يمكن التقاط أي نوع من أنواع الاستقطاب ويمكن للحساس أن يتحرك إلى الأمام والخلف قاطعاً 140° تقريباً. وهناك دارة قيادة تحدد وضع المحرك، تتحكم بها دارة كشف تعديل عرض النبضة PWM وهذه يضبطها مولد PWM أيضا في المستقبل.

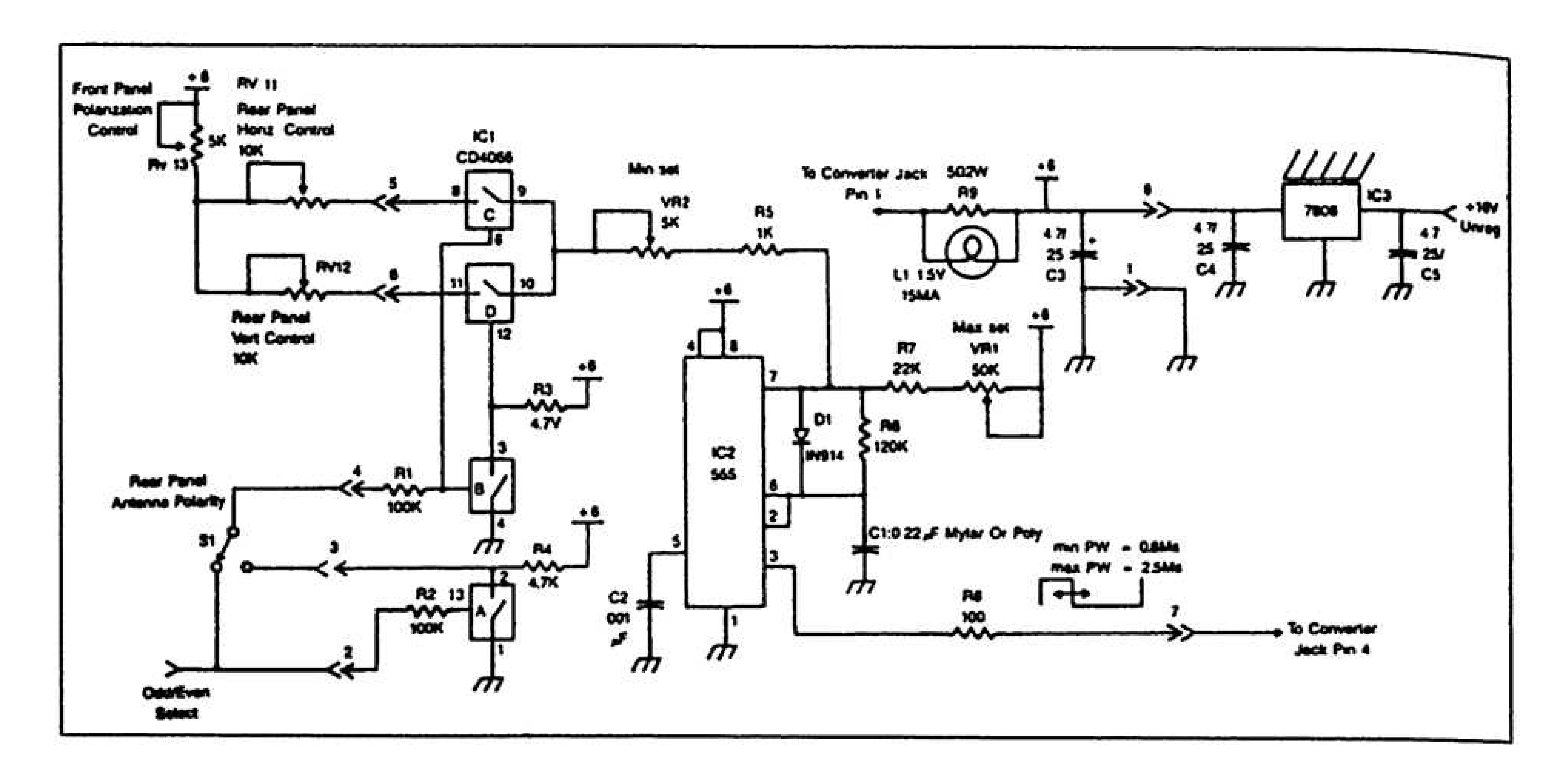
إن التحكم PWM يتم بإرسال معلومات عن طريق تغير عرض النبضات المتتالية وبذلك يجري ضبط موقع الحساس تتغذى دارة التحكم بالمحرك عملياً بنبضات يتراوح عرضها من 0.8 وحتى 2.2 ميلي ثانية. ويقوم كاشف PWM بتحويل عرض النبضة إلى إشارة قيادة للمحرك. كما أنها تستخدم مقاومة متغيرة لاستقبال إشارة تغذية عكسية من المحرك لتحديد موقعه وبالتالي موقع الحساس. ولكي يتم ضبط موضع الحساس في وسط مجال تحركه، فإنه توجد نبضة بعرض 1.5 ميلي ثانية ينبغي كشفها. وإذا كانت النبضات أكثر أو أقل عرضاً. فإن المحرك سوف يدور مع عقارب الساعة أو بعكسها حتى يتطابق عرض النبضة مع مكان المحرك.

لسوء الحظ فإن المحرك لابد أن يتجاوز قليلاً الموضع المحدد قبل أن يتوقف عن الحركة وهذا يعني عرض نبضة 0.7 ميلي ثانية لموقع وقوفه الأول و 2.3 ميلي ثانية لموقع وقوفه المعاكس. فإذا كانت النبضات أعرض أو أقصر من ذلك عندئذ سوف تحاول دارة التحكم بالمحرك دفع حركته إلى ما بعد توقفه الصحيح وهذا يؤدي إلى ارتفاع حرارته ومن ثم عطبه.

في المستقطب Polarotor™ والمستقطبات الميكانيكية الأخرى من نفس النوع، تكون نبضات التحكم مولدة بنظام TTL أي بمستوى جهد مستمر 5V و 0V وبمعدل تكراري من 17 إلى 21 ميلي ثانية، أما عرض النبضة فإنه يتراوح بين 0.8 و2.2 ميلي ثانية. والشكل 3-2 عبارة عن مسح بالراسم لعرض نبضة أصغري وأعظمي لهذا المستقطب.



شكل 3-2 عرض النبضة التي تتحكم في المستقطب Polarotorl. تبين صورة الراسم عرض النبضة الأصغري والأعظمي للتحكم. هناك سيل من هذه النبضات ترسل إلى المستقطب للتحكم بوضعه. يوضع الراسم بحالة 5v/div شاقولياً و 0.5msec/div أفقياً.



شكل 3-3. دارة شائعة للتحكم بالاستقطاب. تستخدم هذه الدارة لتوليد نبضات مبينة في الشكل 3-2. يتحدد عرض نبضة الخرج بواسطة مفاتيح الدارة IC1 ووضعية كل من RV13,RV12,RV11 أو S1.

عند المستقطب، يتم كشف تلك النبضات وتقارن مع موضع الحساس. إذا لم تتحقق المساواة، عندئذ تقوم الدارة بإقلاع المحرك الذي يدوِّر الحساس مع عقارب الساعة أو عكسها حتى تشير إشارة التغذية العكسية الواردة من المحرك عبر المقاومة المتغيرة إلى موضع يساوي الموضع المحدد من خلال عرض النبضة. بينما ينتقل المستقبل من الاستقطاب الأفقي إلى الشاقولي ومن الدائري اليميني إلى اليساري أو العكس بالعكس، فإن عرض النبضة يتبدل آنياً بين الوضعين. ومعظم المستقبلات الحديثة يمكنها تخزين الوضع الدقيق للاستقطاب في ذاكرة مما يسهل عمل المحرك والشكل 3-3 يبين دارة شائعة للتحكم بالاستقطاب.

يوجد في الدارة الأولى المؤقت NE555 الذي يعمل كهزاز غير مستقر يُعطي على مخرجه نبضتين يمكن التحكم بعرضهما حسب القنال التي تم اختيارها، وذلك عن طريق الضبط الناعم للاستقطاب أو باختيار الإطار Format وضبط الصورة أثناء تركيب وإعداد النظام.

إن أكثر المستقبلات الحديثة تعتمد في تصميمها على معالج لضبط عرض النبضة. حيث تتولد النبضات ضمن المعالج ويقودها ترانزيستور الخرج. ويقوم المعالج أيضاً بوصل وقطع جهد التغذية المستمر لحماية المحرك وهذا الجهد يطبق عادةً لفترة محدودة من 5 إلى 10 ثوان. هناك مغذيات أخرى صممت لتكون متلائمة مع إشاراتِ التحكم بالمستقطب Polarotor™ ومعظمها، لها نفس المواصفات وخاصة ما يتعلق منها بالتحكم بعرض النبضة والتوقيت، وكذلك بجهد التغذية وتيار السحب.

المستقطبات الفريتية

على الرغم من أن المستقطبات الفريتية هي الأولى التي تم البدء بتطويرها من بين عناصر قلب الاستقطاب غير أنها أخذت بعض الوقت لحل المسائل التقنية المتعلقة بها قبل نجاحها. إذ أن النماذج المبكرة تميزت بتغيرات واسعة في الأداء وخاصة فقد الإدخال insertion loss وهذه التغيرات يمكن ردها إلى حساسية المواد الفريتية للحرارة والتردد. الأنواع الأولى من الفريت التي جرى استخدامها كانت تغير من أدائها مع التبدلات الطارئة على الحرارة والتردد. ولكن المواد الفريتية الجديدة وتقنيات التصنيع تطورت كثيراً منذ أن برهن Bob Luly على براعة تصميمه في عام 1981 وعندها حُلت معظم المسائل أو على الأقل أصبح أكثرها في حدها الأدنى بالنسبة لأغلب الأنواع المطروحة في الأسواق.

المستقطب الفريتي الأكثر انتشاراً في أوربا، هو ذلك المستخدم في نظام ASTRA للاستقبال الفضائي وهذا يعود إلى رخص كلفته وحجمه المضغوط خاصةً وأن قطر أقراص الاستقبال لأنظمة ASTRA هو دون المتر الواحد، لذلك فإن التغذية بواسطة عنصر ذو حجم صغير تبقى أمراً مطلوباً. يعتمد عمل المستقطب الفريتي على قدرة المواد الفريتية على توليد حقل مغناطيسي يستطيع أن يتفاعل مع الموجة الكهرطيسية وهي الإشارة الواردة من القمر الاصطناعي. عندما تمر الإشارة الراديوية عبر قطعة من الفريت فإن الحقل المغناطيسي للفريت يحرفها عن مسارها، وبوضع ملف حول الفريت فإنه يمكن التحكم بمقدار الانحراف وهذا يتم تحقيقه بتغير التيار المار في

المنف. السيئة الوحيدة لمستقطبات الفريتيّة هي حساسيتها الكبيرة لتغير التردد وهذا يعني بأنه ينبغي حرف الأفقية إفراديا. بما أن المادة الفريتية هي جزيئات مركبة ومن السهل انفصالها، لذلك قد يتعطل المستقطب الفريتي بعد سقوطه على الأرض.

اختيار القطبية باستخدام ثنائي PIN

يمكن استخدام ثنائيات pin للاختيار كهربائياً بين استقطابات الإشارة، حيث يحتوي قمع التغذية على حساسين، أحدهما لالتقاط الإشارات الأفقية والآخر للإشارات الشاقولية ويرتبط كل من الحساسين بمكبر يعمل عنى ترانزستورات GaAs FET.

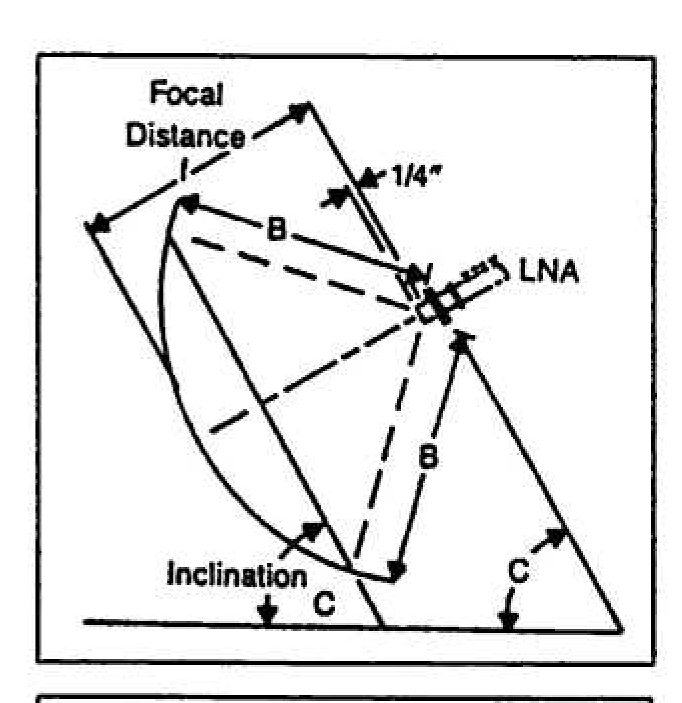
الثنائي pin هو عنصر نصف ناقل تتغير فيه المقاومة للاتجاه الناقل "ON" بعلاقة مباشرة مع الجهد المطبق عليه. "ومخارج المضخمين موصولين إلى الثنائيين pin بحيث يكون اختيار الاستقطاب محكوماً بالثنائي ذو الناقلية المباشرة". وهذه الديودات مستخدمة في نواخب التلفزيون لاختيار حزمة التمرير ودارات التحكم الآلي بالربح AGC. إن ثنائي pin لا يقل انتشاراً في أوربا عن العناصر الفريتية وكان استخدامه تجارياً لأول مرة في نظام شركة ASTAR، وقد استخدمت شركة Marconi ثنائيات pin لصنع المستقطبات المدمجة مع كتل الضجيج المنخفض LNBS.

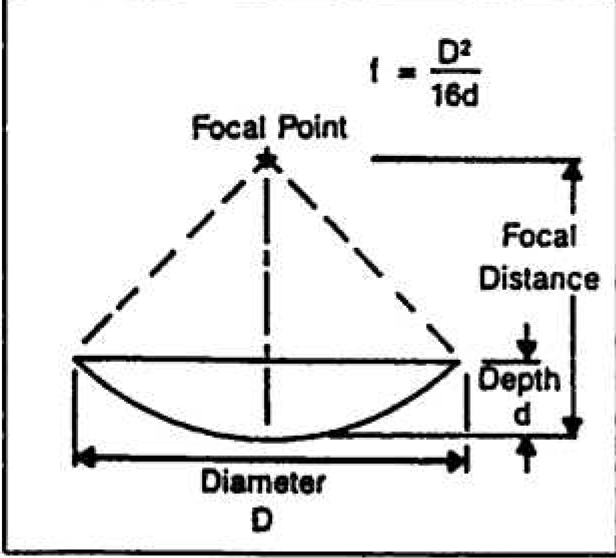
ملاءمة المغذي مع قرص الهوائي

إن نسبة البعد المحرقي إلى القطر f/D لمعظم الأقراص تتراوح بين 0.27 و0.45. وعندما تكون النسبة من 0.27 إلى 0.32 فإن الأقراص تسمى بالعميقة ومن 0.33 حتى 0.45 تدعى بالمسطحة. فمثلاً، لنأخذ قرصاً بقطر ثلاثة أمتار، فعندما يكون البعد المحرقي 81 سم، تكون نسبة f/D مساوية 0.27 وتصبح 0.45 من أجل البعد المحرقي 135 سم وعندها يكون سطح العاكس أكثر تسطحاً، وكلما ازداد البعد المحرقي ازدادت معه النسبة f/D (انظر الشكل 3-4). إن الهوائي المثالي ينبغي أن يكون له "نقطة حارة" محددة بدقة عند محرقه دون اعتبار لنسبة f/D وهذه النقطة تمثل مركز تجمع الإشارات المرتدة عن الهوائي العاكس ومن ثم يعمل قمع التغذية على قيادة هذه الطاقة ضمن دليل موجة مستطيل المقطع إلى دخل كتلة LNB، فإذا لم يوضع المغذي في النقطة الحارة كأن يوضع قريباً من قرص الهوائي أو بعيداً عنه أو حتى في أي نقطة جانبية أخرى فإن النسبة G/T_{s} سوف تضعف (G/T_{s} تمثل "شكل الجدارة " figure of merite لنظام الاستقبال الفضائي وهو يساوي عامل ربح الهوائي مقدراً بالديسبل منقوصاً منه حرارة ضجيج النظام معبراً عنها بالديسبل أيضاً).

إضاءة المغذي

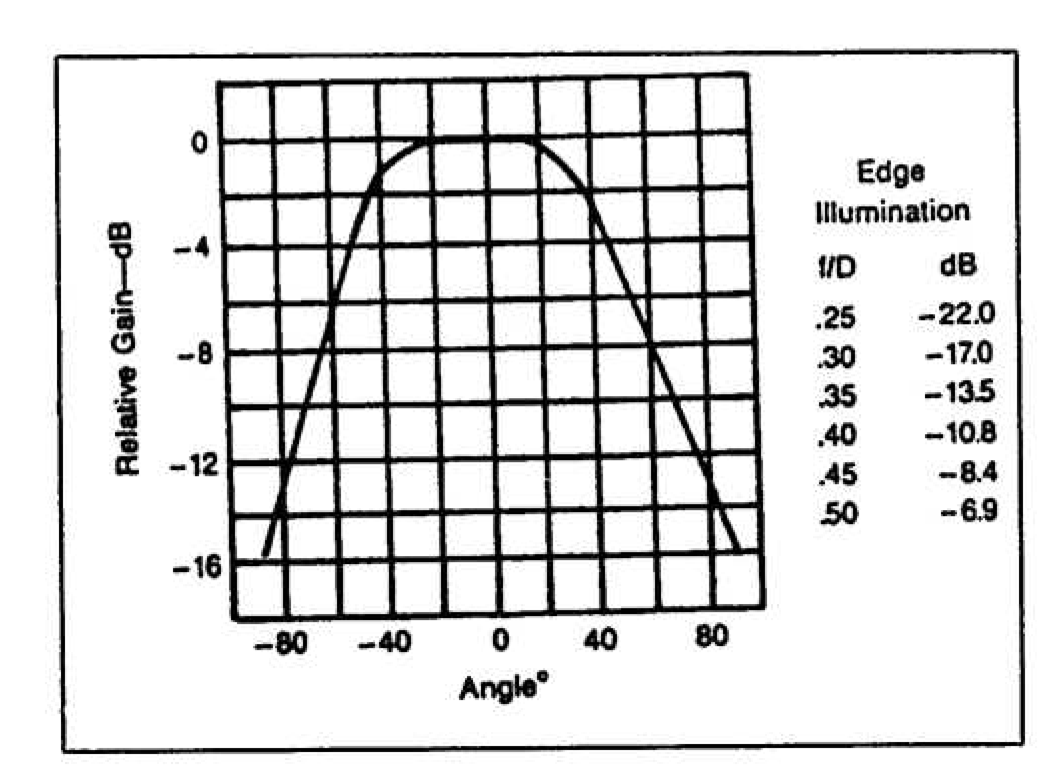
لجمع قدرة الأمواج الميكروية المنعكسة، ينبغي على المغذي "الرؤية" المثالية أو الإضاءة الكاملة لسطح الهوائي ولا شيء آخر. وإذا لم يكن متلائماً مع نسبة f/D لقرص الهوائي، عندئذ يمكن أن يرى ما وراء حواف القرص ويسمح للضجيج الأرضي بالدخول مما يؤدي إلى انخفاض النسبة G/T_{s}، وبالمقابل، يمكن أن تكون الرؤية دون كامل القرص وعندها ينخفض عامل الربح أيضاً وتنخفض معه النسبة G/T_{s}. وعندما يكون f/D والمغذي متلائمان جيداً والأخير في المحرق تماماً يكون القرص مضاءاً بشكل مثالي والنسبة G/T_{s} في قيمتها العظمى (انظر الشكل 3-5).



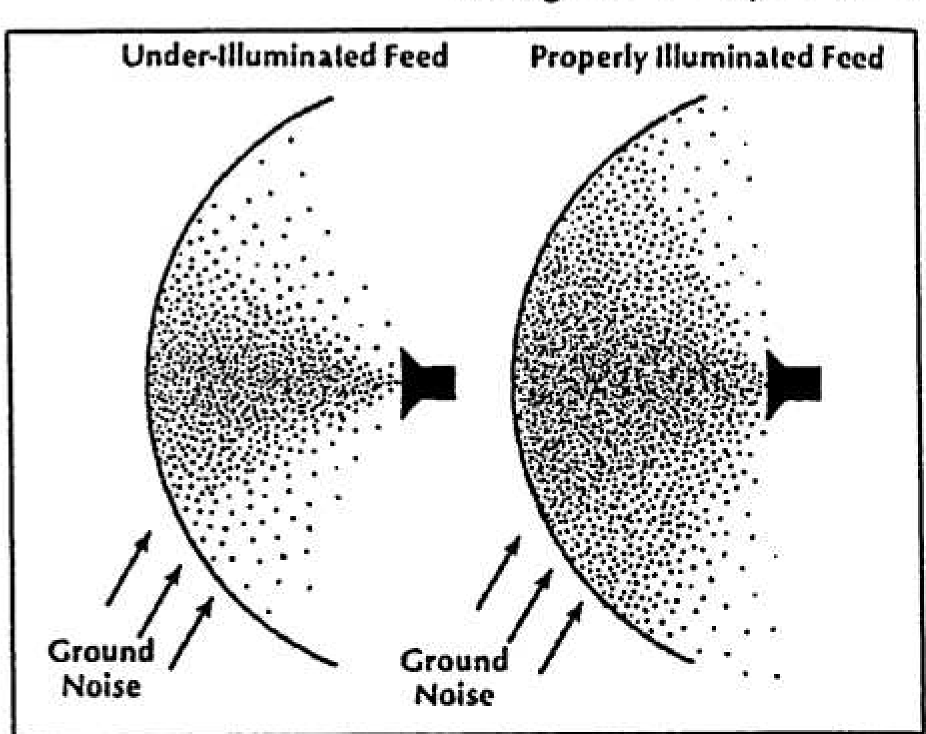


شكل 3-4 الأبعاد الهندسية للقطع المكافئ. هذا الشكل يوضح الأبعاد المختلفة التي تساعد في توضع المغذي القمعي في نقطة المحرق للهوائي وهذه تشمل البعد المحرقي، ميل المغذي ومركزيته.

إن قرصاً فيه f/D=0.30 يتطلب عرض حزمة إشعاع 159 درجة لإضاءة القرص بشكل كامل. بينما يحتاج قرص آخر فيه f/D تساوي 0.44 عرض حزمة إشعاع 121 درجة فقط لرؤية القرص بأكمله. فإذا استخدم مغذي ذو حزمة إشعاع واسعة ومصمم لقرص عميق مع قرص قليل التقعر، فإن النتيجة سوف تكون إضاءة زائدة والعكس صحيح أيضاً. فلدى استخدام مغذي معدّ لقرص مسطح مع قرص عميق فإن الإضاءة سوف تكون أقل مما هو كافٍ (انظر الشكل 3-6).



شكل 3-6 الربح وإضاءة الحواف. استجابة الربح وإضاءة حواف المستقطب Polarotor™ عند تردد 3.9GHz ويبين كيف يمكن جعله مثاليا من اجل هوائيات اكثر تسطحاً. إذا استخدم المغذي مع هوائي ذو نسبة f/D تساوي 0.5 فإنه سوف يضيء بما يتجاوز حواف القرص وسوف يكون التناقص عند الحافة هو 6.9dB فقط مقارنة بمستوى الإشارة المستقبلة من مركز العاكس. هذا المغذي يجب ان يستخدم مع اقراص تتراوح فيها النسبة f/D من 0.3 وحتى 0.35.



شكل 3-5 إضاءة الحواف. هذا الرسم يبين كيفية جعل العاكس في حالة إضاءة زائدة او دون الحد اللازم عند عدم اختيار قمع التغذية المناسب لهوائي معين بالنسبة f/D. إن الملاءمة السيئة ينتج عنها ضعف في نسبة الإشارة إلى الضجيج، وضعف الإضاءة تسبب فقدان الربح، بينما تؤدي الإضاءة الزائدة لكشف ضجيج إضافي.

هناك طريقة أخرى لفهم مبدأ الإضاءة، وذلك بتصور وجود ضوء ساطع وعدسة متغيرة في موقع المغذي، ففي قرص كبير التقعر، يكون المغذي قريباً من القرص وينبغي أن تكون العدسة ذات حافة بزاوية عريضة لنشر الضوء حتى حواف القرص. في حالة قرص الهوائي المسطح، يتطلب الأمر عدسة رقيقة الحافة حيث يكون المغذي بعيداً عن السطح العاكس. وإذا انتشر الضوء إلى وراء القرص، فعندئذ تكون الإضاءة فائضة. أما إذا كانت حواف القرص معتمة، فتكون الإضاءة أقل مما يجب أن تكون عليه. وفي كل الحالات سوف تكون النتيجة نقصاً في القيمة G/T_{sys}.

أعطال المغذيات والمستقطبات

عطل: خطوط تشويش افقية بيضاء أو سوداء في الصورة.

يرفع السلك الذي ينقل الجهد الموجب عن المستقطب فإذا غابت الخطوط، فإن ذلك يعني أن العطل سببه المستقطب ويعود هذا العطل غالباً لاستعمال سلك بقطر غير صحيح من أجل طول معين، ويمكن حل هذه المسألة، أحياناً، بإضافة مكثف ترشيح عند المستقطب. وتنصح شركة Chaparral للاتصالات بإضافة مكثف الكتروليتي بقيمة 1μF بجهد 10v أو أكثر.

تدل خطوط التشويش أحياناً عن أن المحرك لا يزال يعمل على الرغم من وصوله إلى النقطة التي يجب أن يتوقف عندها. وهنا يجب ضبط القنال أو استبدال الاستقطاب وتغيب الخطوط، عندئذ، ينبغي تدوير قمع التغذية لإعادة المركزية إلى الحساس. إذا استمر وجود خطوط التشويش مع إلغاء المستقطب، فهناك احتمال وجود دارة مقفلة للأرضي بين المستقبل وقرص الهوائي أو لاهتزازات في كتلة LNB. ويجب اتخاذ بعض الإجراءات لحل هذه المشكلة ومنها رفع الأرضي عن المستقبل باستخدام مقبس يحول المأخذ ذو النقاط الثلاثة إلى نقطتين. كذلك باستبدال الكتلة LNB أو تمديد خط نقل جديد.

عطل: لا يتغير اتجاه الاستقطاب.

إذا كان المستقطب هو عنصر حساس متحرك وكانت الحرارة المحيطة دون درجة التجمد، فإن اللاقط يمكن أن يتجمد وينكمش مع علبة حمايته. ولتجنب ذلك، يجب استخدام غطاء لحماية قمع التغذية أو تسخين القمع لجعل الحرارة الداخلية أعلى من درجة التجمد. وهناك طريقة أخرى لتجنب حدوث ذلك ،باستعمال المستقطب الفريتي الذي لا يحتوي على جزء متحرك.

وقد يكون سبب العطل هو أنّ التغذية أو النبضة لا تصل إلى المستقطب. في النوع الميكانيكي ينبغي وجود جهد قليل عند سلك التحكم (السلك الأبيض في حالة المستقطب Polarotor™) ويقاس هذا الجهد بمقياس فولت عادي حيث يجب أن يشير لوجود من 0.4 إلى 0.8 فولت مستمر أثناء الانتقال من الأقنية المزدوجة إلى المفردة .في حين يسجل السلك الأحمر قراءة +5 فولت مستمر. وبالمقابل، فإنه يمكن اختيار عرض النبضة ومطالها باستخدام راسم إشارة .وأيضاً، يجب فحص الصدأ على الوصلات، خاصةً في التمديدات الخارجية.

عطل: اهتزاز محرك التخديم.

ينشأ هذا العطل عموماً من دفع المحرك للعمل عند حدوده القصوى، فإذا كان المحرك يدور في وسط مجاله واستمر اهتزازه، فيجب حينئذ فحص نبضات التحكم برؤيتها على راسم الإشارة. وفي بعض المستقبلات، تستخدم حاكمة لتغير عرض النبضة وهذه الطريقة تسبب أحياناً تبديلات في الاستقطاب إذا كانت نقاط الوصل متقطعة. تؤثر ممانعة خط النقل أيضاً في اهتزاز المحرك التخديمي. فإذا كانت نتيجة الاختبارات السابقة سلبية، تضاف مقاومة تسلسلية بقيمة 100 إلى 500 أوم مع سلك التحكم (الأبيض في حالة Polarotor™) الموصول إلى المستقطب.

عطل: اختلاف في جودة الصورة عند تغير الاستقطاب.

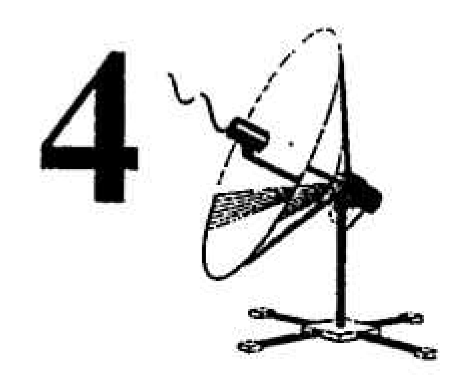
إذا كان الاستقطاب جيداً في اتجاه وضعيف في الاتجاه الآخر، يجب النظر أولاً إلى وضع الأقنية في المستقبل وعموماً هناك تحكمين من أجل الأوضاع الأفقية والشاقولية للاقط أو المستقطب الفريتي. في حال المستقطب الفريتي، يتم فحص التغذية عند أطرافه ويمكن أن تكون نصف التغذية غائبة. وفي أنظمة الحزمة C يمكن ظهور التداخل الأرضي على نوع استقطاب وليس على آخر. فإذا كانت الإشارات واضحة على نوعي الاستقطاب بالنسبة لبعض الأقمار الاصطناعية وضعيفة بالنسبة لبعضها الآخر فيجب التنبؤ بوجود تداخل أرضي.

عطل: صورة باهتة أو انخفاض تدريجي في الأداء.

هذا العطل سببه عموماً إزاحة قمع التغذية عن نقطة المحرق، ويرجع ذلك لوجود مواد غريبة أو رطوبة في دليل الموجة وكذلك لانخفاض أداء كتلة LNB أو خطوط نقل أو وصلات ضعيفة. لذا يجب فحص مركزية ومحرق قمع اللاقط.

المواد الغريبة في دليل الموجة تكون عادةً مواد ذات طبيعة عضوية، كشبكات العنكبوت أو أعشاش الحشرات. وهذه المسألة يمكن تجنبها باستخدام غطاء بلاستيكي يباع مع جميع أنواع اللواقط. ويجب التأكد من جودة الإشارة قبل وبعد إضافة الغطاء، إذ أن بعض المواد تسبب فقداناً كبيراً للإشارة وينبغي تجنب استخدامها. تنزع كتلة LNB من قمع التغذية وتفحص الرطوبة إذ أنها تمتص الأمواج الميكروية. تجفف الرطوبة ويفحص طوق منع الرطوبة ويستبدل إذا وجد متشققاً أو معطوباً بأي طريقة كانت. إذا لم يكن هناك طوق أصلاً فعليك أن تضيف طوقاً جديداً قبل إعادة تجميع كتلة LNB مع قمع التغذية.

يتم اختبار نظافة ونعومة الحافة للمستقطب وكتلة LNB قبل إعادة التركيب. إذا لم تجدي كل المحاولات السابقة واستمرت الإشارة تضعف أكثر فأكثر فيجب استبدال الإلكترونيات في الخطوة اللاحقة وتجريب كتلة LNB أخرى أو حتى المستقبل كاملاً ولا ننسى أنّ النواقل يمكن أن تكون مصدراً للأعطال.

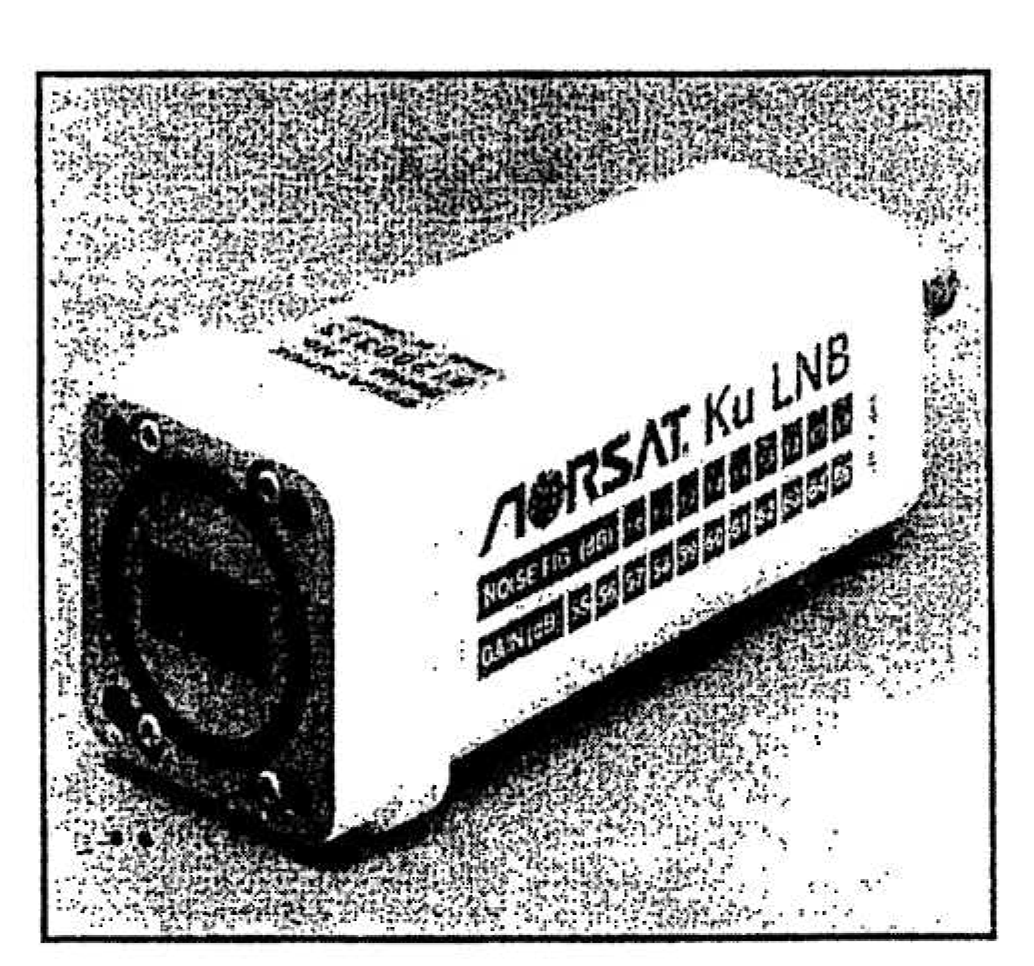


4

المضخمات ذات الضجيج المنخفض وخفض التردد downconversion

لنتخيل ضوءاً وارداً من شمعة في يوم صحو وهي تبعد آلاف الأميال، إن ذلك يوحي بحجم المسألة المتعلقة بكشف وتكبير الإشارات الواردة من أقمار الاتصالات. أثناء هبوط الإشارة ووصولها إلى هوائي الاستقبال، يكون قد تم تخميدها بقسوة. ولجعلها مفيدة، ينبغي تكبيرها مع إضافة أقل قدر ممكن من الضجيج. والعنصر الذي يقوم بذلك يدعى بمكبر منخفض الضجيج LNA وهذا يكون عموماً جزءاً من كتلة LNB. في بدايات التلفزيون الفضائي المنزلي، شاع استخدام الترانزستورات السيلكونية. إذ أن الترانزستورات الحقلية GaAs FETS كانت باهظة الثمن وغير متوفرة. أما اليوم فهي الوحيدة المستخدمة لأن أداء الترانزستورات السيلكونية عند ترددات أعلى من 6GHz تأخذ بالتراجع ولا يمكن لها تأمين ربح كافٍ. من الممكن تحسين الربح بتبديل مواقع الدارات، ولكن يتم ذلك مع تراجع رقم الضجيج Noise figure. في المقابل، فإن الترانزستورات الحقلية GaAs FETS قادرة على تأمين ربح عالي وضجيج منخفض في الوقت ذاته.

هناك أنواع أخرى من الترانزستورات الحقلية هي HEMTs (high electron mobility transistors) والتي شاع استخدامها أخيراً. وهذه تتمتع بمواصفات تتعلق بالضجيج أفضل من الترانزستورات الحقلية الأخرى. فكتلة LNB التي تعمل على ترانزستورات HEMTs في الحزمة Ku لها رقم ضجيج بحدود 1dB. إن كمية الضجيج المضاف إلى الإشارة في مرحلة المرور بكتلة LNB هي حرجة. فالإشارة تكون ضعيفة جداً عندما تدخل الـ LNB وما يحصل فيها ذو تأثير كبير. ويمكن أحياناً لقرص هوائي كبير أن يعوض ضعف عامل الضجيج لكتلة LNB ولكن ذلك ليس بالحل الأفضل.

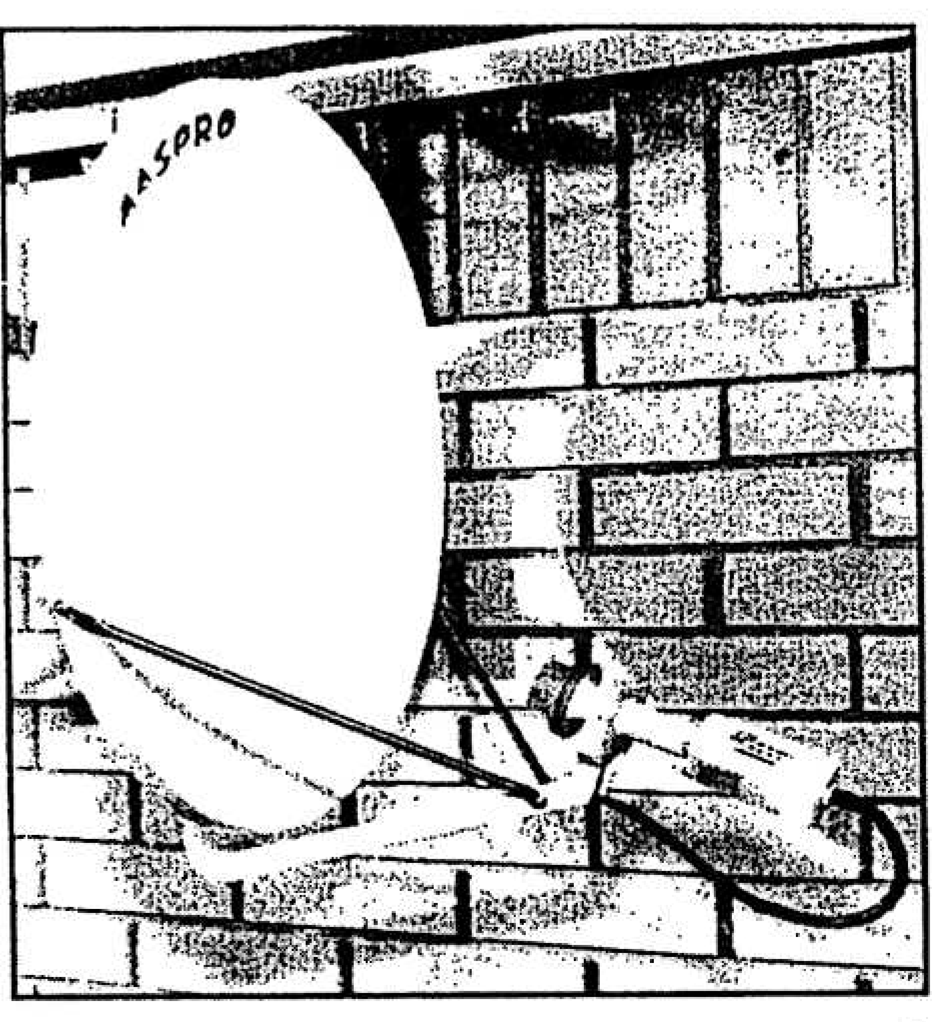


الشكل 1-4 كتلة LNB يستخدم فيها ترانزستور HEMT من شركة NORSTA سلسلة 6200. هذه الكتلة لها عامل ربح 60dB في الحزمة Ku و حد أدنى لاستواء الربح 6dB لكل 500 ميغاهرتز وهي متوفرة ضمن المجالات الترددية المدونة أدناه:

تردد الدخل (GHz)	تردد الخرج (MHz)	تردد المذبذب المحلي(GHz)
10.75	950-1450	11.7-12.2
10.00	950-1700	10.95-11.75
11.475	1025-1275	12.5-12.75
11.30	950-1450	12.25-12.75

ولكي تعمل الكتلة LNB مع المغذي بصورة صحيحة، يجب أن تتوضع في محرق قرص الهوائي. وفي أمريكا حيث تنتشر أنظمة الحزمة C، تشكل الكتلة LNB والمستقطب جزءان منفصلان وغالباً مصنوعان في شركات مختلفة. أما في أوربا،

فإنهما متكاملان معاً في علبة واحدة مما يجعل التركيب أكثر يسراً. إن المضخم ذو الضجيج المنخفض، وهو يشكل جزءاً من مكونات الكتلة LNB؛ يقوم بتكبير الإشارات الداخلة إليه على كامل المجال الترددي الذي يعمل فيه؛ وهذا المجال يساوي 500 ميغاهرتز في الحزمة C و800 ميغاهرتز أو جزء من هذا المجال في الحزمة Ku.

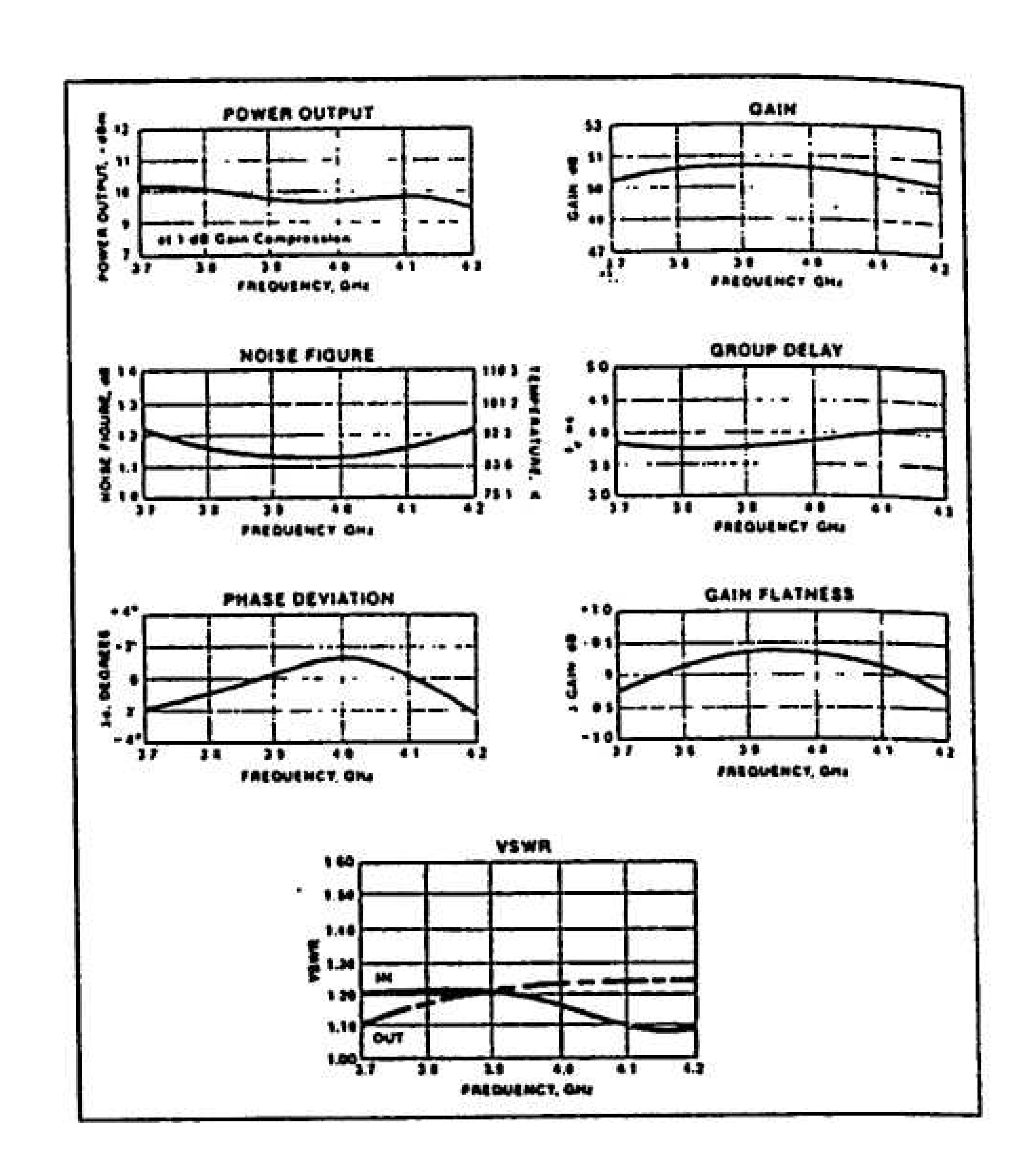


شكل 4-2 هوائي MASPRO وكتلة LNB. كتلة LNB بترانزستور HEMT مترافقة مع مستقطب فريتي مستخدمة في هذا النظام. الهوائي الشكل بالكبس، مصنوع من الفولاذ المطلي بالزنك لمنع الصدا (غلفنة). كما انه مطلي بدهان حراري لتمديد عمره الافتراضي.

Noise Temperature (°K)	Noise Figure (dB)
60	0.819
70	0.942
80	1.061
90	1.177
100	1.291
120	1.508
140	1.711
160	1.908
180	2.097
200	2.278
220	2.452
240	2.619
260	2.780
280	2.935
300	3.085

جدول 4-1: حرارة الضجيج ورقم الضجيج.

إن ربح المضخم ذو الضجيج المنخفض هو 50dB أو ما يعادل 100.000. وهذا ضروري لتأمين استطاعة كافية للإشارة لتقود كتلة تحويل وخفض التردد في الـ LNB (أو لتقود كتلة محول وخافض التردد في حالة نظام تحويل أحادي). لتحقيق هذه المهمة، يجب أن تكون استجابة ربح المكبر ذو الضجيج المنخفض بدلالة التردد مستوية نسبياً على كامل المجال الترددي للتمرر الفضائي. وكما هو الحال في جميع أنواع التصاميم الهندسية؛ هناك حل وسط بين المتناقضات. إذ أن هناك خسارة في الربح في بعض أجزاء حزمة التمرير من أجل تخفيض الضجيج بمقدار كسور من الـ dB. وفي النهاية، فإنه يمكن إيجاد نقاطاً يكون فيها عمل كتلة LNB مثالياً وذلك في أجزاء محدودة وضيقة جداً من حزمة التمرير. وقد شاعت هذه الحيل لاستقبال قنال واحدة في السنوات القليلة الماضية. غير أن هبوط ثمن كتلة LNB قد حدّ من انتشارها. هناك عوامل أخرى تفيد في التقييم الشامل لأداء كتلة LNB مثل تسطح الربح، التأخير في الصفحة للمجموعة group delay وأيضاً معدل الأمواج المستقرة VSWR. وهذه عوامل مؤثرة جداً (انظر الشكل 4-3). ولكنها في الغالب لا تعني الكثير بسبب النشرات الفنية الغير صحيحة من المنشأ. إن رقم أو حرارة الضجيج لكتلة LNB تتغير عادةً في مجال التمرير. وقيمة الضجيج التي تعطى لتوصيف العنصر هي في الغالب قيمة وسطية للقيمة المقاسة في وسط حزمة التمرير وعند النهايات. وليس بغائبٍ عن الذهن أن قيمة رقم الضجيج التي توضع في المواصفات هي أفضل قيمة يمكن تحقيقها. وعامل الضجيج في وسط الحزمة غالباً ما يكون أفضل مما هو عليه عند النهايات. وهذا يرجع بصورة رئيسية إلى خصائص مرشحات تمرير الحزمة في مكبرات LNA. ولكن مواصفات بعض المنتجات لأشهر المصنعين تظهر بأن حرارة الضجيج لهذه المنتجات تأخذ أحياناً أعلى قيمة لها ضمن حزمة التمرير وليست عند نهاياتها. بينما ترتبط كتل LNB التي تعمل في الحزمة C بحرارة الضجيج، نجد أن معظم ما يعمل منها في الحزمة Ku يصنف تبعاً لرقم الضجيج، ولقد أصبحت الكتل LNB والتي تمتاز بحرارة ضجيج في الحزمة C دون 20 درجة (تكافئ الضجيج الذي يولده قرص الهوائي في معظم الأنظمة) متوفرة في الأسواق، إضافةً إلى كتل LNB ذات أرقام ضجيج أقل من 1dB للعمل في الحزمة Ku.



شكل 4-3 مواصفات مكبر LNA. أهم المعاملات لتوصيف مكبر ذو ضجيج منخفض هي رقم الضجيج، الربح وتسطحه Flatness. معدل الأمواج المستقرة VSWR وهذه تعبر عن ملاءمة الدخل والخرج بالنسبة لممانعة مثالية. وإذا استخدم عازل Isolator لمنع ارتداد الإشارة فإن دخل VSWR ينبغي ان يكون قريباً من القيمة الموافقة للحالة التي يركب فيها المكبر على قرص الهوائي.

كتلــة LNB

سوف تعالج هذه الفقرة مكونات الكتلة LNB جزءاً جزءاً بالتفصيل وسوف يأتي الشرح بحيث يمكن تطبيقه على كتلة LNB تعمل في الحزمة C أو الحزمة Ku.

الانتقال من دليل الموجة إلى خط النقل الشرائحي microstrip

هذا الانتقال يمرر الإشارة من دليل الموجة إلى الدارة المطبوعة في كتلة LNB. وتتحقق هذه العملية بأشكال عدة، اثنان منها أوسع استخداماً وهما المجس والوتد أو الإسفين. يتوضع المجس على بعد يقارب ربع طول الموجة من النهاية المغلقة أو نقطة القصر في دليل الموجة. وفي بعض الحالات يكون المجس متدرجاً لتأمين ملاءمة أفضل بين ممانعة دليل الموجة وممانعة خط النقل الشرائحي. إن تحقيق الانتقال بواسطة الوتد هو أيسر عملاً وغالباً ما يُصنع الوتد من نفس المادة التي صُنع منها دليل الموجة إما بالقطع أو الثقب، ومن ثم يُدخل الوتد الذي يقسم دليل الموجة إلى قسمين بحيث يكون طول الموجة للإشارة الواردة أكبر من طول موجة القطع لكلا الجزأين المشكلين بالوتد. وهذا لا يترك خياراً للإشارة إلا بالسير مع ثقب الوتد للوصول إلى خط النقل الشرائحي.

العازل Isolater

يعتبر استخدام العازل أمراً اختيارياً؛ لذلك فإننا لا نجده إلا في كتل LNBs الغالية الثمن ولذلك قل استخدامه في السنوات الأخيرة وهو يؤمن مرور الإشارات في اتجاه واحد فقط. ولأغلب العوازل فقدان 0.5dB تقريباً في الاتجاه المباشر و30dB في الاتجاه المعاكس. يمكن مقارنة العازل بصمام وحيد الاتجاه يسمح للسائل بالانسياب باتجاه واحد فقط. والغاية منه هي تأكيد استقرار الدارة من خلال حجب الانعكاسات التي من شأنها تغيير معدل الأمواج المستقرة VSWR وبالتالي تغيير الملاءمة بين الممانعات. وأسوء الاحتمالات فإن تغيُّر ممانعة دخل مكبر كتلة LNB سوف يُحوِّل المكبر إلى هزاز. وهذه كانت المشكلة الرئيسية التي عانت منها مكبرات الحزمة C ولكنها نادرة نسبياً في مكبرات وعناصر الحزمة Ku .

المكبر ذو الضجيج المنخفض

كان المكبر ذو الضجيج المنخفض منفصلاً عن كتلة خفض التردد. ولكنه حالياً، يشكل جزءاً متكاملاً من كتلة LNB وذلك لأسباب اقتصادية أساساً. إن عبارة مكبر ذو ضجيج منخفض تستخدم عموماً للإشارة إلى عدد من مراحل

التكبير التي تعمل على الترانزستورات الحقلية GaAs FET. وفي العديد من تصاميم كتل الـ LNB؛ هناك ثلاث مراحل تضخيم في حين يوجد في التصاميم الحديثة مرحلتان فقط. إن الفكرة الأساسية لدارة مكبر GaAs FET هي بسيطة. وتتألف من أربع مقاطع هي: شبكة ملاءمة الدخل، ترانزستور GaAs FET، شبكة ملاءمة الخرج ودارة التغذية.

إن شبكة ملاءمة الدخل تقوم بملاءمة الممانعة عند دخل المكبر مع ممانعة الدخل للترانزستور GaAsFET الذي يعتبر العنصر الفعّال المسؤول عن تحقيق الربح. كذلك فإن شبكة ملاءمة الخرج تؤمن التلاؤم بين ممانعة الخرج للترانزستور مع ممانعة حرج المكبر.

تتشكل الممانعات المعنية من جزء حقيقي وجزء تخيلي، ويلغى الجزء التخيلي عموماً بواسطة "قرمة stub" وهي قطعة من خط نقل شرائحي ذو نهاية مفتوحة أو مؤرضة بطول يساوي قيمة كسرية دقيقة من طول الموجة وهذا يجعله يبدو كمكثف أو ملف موصول بطرف مؤرَّض. ويتلاءم الجزء الحقيقي مع ممانعة الترانزستور GaAsFET المتوافقة باستخدام محول بطول ربع طول الموجة. وحسب التصميم، يتم ملاءمة خرج الترانزستور مع 50 أوم أو مع ممانعة دخل الترانزستور للمرحلة التالية من المكبر.

في بعض التصاميم، توجد مرشحات بين المراحل لتخميد الإشارات خارج حزمة التمرير وهي تصنع من خطوط نقل شرائحية وتضبط عموماً يدوياً بمشرط. وتجري عملية ملاءمة مداخل ومخارج المكبرات مع ممانعة المرشحات.

تتم تغذية شبكة ومصرّف drain الترانزستور الحقلي بواسطة وشيعتين كل واحدة منهما بطول ربع موجة وذات ممانعة عالية. وهذه الوشيعة تظهر كدارة مفتوحة بالنسبة لترددات الإشارة وتتراوح الممانعة المحققة بين 100 و200 أوم حسب الدقة المتاحة في التصنيع.

تغذية الترانزستور الحقلي GaAsFET

يتطلب الترانزستور الحقلي تغذية معينة ويجب تأمين جهد خرج موجب بحدود 5 فولت وجهد خرج سالب يقارب 3 فولت. إن التيار المسحوب لكل مرحلة ترانزستور تعتمد على التصميم وكقاعدة عامة، تسحب المرحلة الأولى أقل التيارات وعموماً بحدود 10 ميلي أمبير أو أقل. كذلك تسحب المرحلة الأخيرة أكبر قدر من التيار. يتم تغذية المرحلة الأخيرة من أجل التكبير الكلي، في حين تغذى المرحلة الأولى لتحقيق أقل قدر من الضجيج، ويجب أن لا يتجاوز التيار المسحوب للمرحلة الأخيرة 120 ميلي أمبير.

إن الجزء السالب من تغذية الترانزستورات GaAsFET يعتمد على الترابط بين هزاز-ثنائي مضاعف diode doubler حيث أن خرج الهزاز يغذي المضاعف، ويلي ذلك دارة تنظيم بثنائي زينر تستخدم دارة NE555 المتكاملة أو الدارة المكافئة لها 7555 كهزاز. وهنالك مبدأ آخر بديل يكون باستعمال دارة متكاملة لتوليد جهد سالب مناسب وهو مبدأ نادر الاستخدام لأن التصميم باعتماد الدارة المتكاملة 7555 هو الحل الأفضل لأنها أرخص نسبياً وتتميز بالاستقرار إضافة إلى أنها ذات استطاعة منخفضة ومكافئة لمؤقت NE555.

في أغلب كتل LNBs التي تعمل في الحزمة Ku هناك منظمين، الأول هو 7812 أو 7810 أو 7809 والثاني هو منظم 5 فولت 7805.

مرشح تمرير الحزمة

إن مرشح تمرير الحزمة يؤمن دخول حزمة الترددات المطلوبة فقط وتمريرها إلى المازج. وهذه المرحلة تتوضع بعد المكبر لأن فقدانها (تخميدها) الذاتي يمنع وجودها قبل المكبر ذو الضجيج المنخفض.

يتم تخميد ترددات الخيال بمقدار 20dB على الأقل، وأغلب كتل LNBs المتوفرة في الأسواق تستخدم فيها مرشحات نقل بخطوط شرائحية ولكن بعض النماذج التي طورت في البداية للمحترفين اعتمدت دليل الموجة و تميزت باستجابة نقية لكن بعرض حزمة ضيقة وصعوبة الضبط. كذلك تميزت بفقدان كبير نتيجةً لضرورة وجود عناصر التمرير (Transitions) . وكانت مرشحات خطوط النقل الشرائحية أسهل تصنيعاً لذلك شاع استخدامها.

المازج: Mixer

يقوم المازج بقلب كتلة ترددات الإشارة إلى كتلة ذات ترددات أخفض تعرف بكتلة الترددات المتوسطة وهناك عدداً من أنواع المازج المستخدمة.

مازج ثنائي شوتكي Schottky diode mixer

هذا المازج هو الأبسط، حيث تربط الإشارة إلى ثنائي مع خطوط نقل شرائحية تعرف بالرابط الموجه directional coupler الذي يقوم بتوصيل إشارة المذبذب المحلي إلى الثنائي ويتبع ذلك مرشح تمرير منخفض لتصفية ترددات الخيال من الخرج.

مازج هجيني 3dB : 3dB Hybrid Mixer

المازج الهجيني 3dB يعرف خطأً بالمازج rat-race. وهذا النوع واسع الانتشار في تصاميم الحزمة C ولا يستخدم في الحزمة Ku، وهو أساساً مازج متوازن. المازج الهجيني 3dB هو محول هجيني 3dB مع ثنائي شوتكي (Two Schottky Diodes). يغذي المذبذب المحلي أحد المداخل و تصل الإشارة إلى المدخل الآخر. عازلية هذا المازج عالية وعرض حزمته تساوي 50% من التردد المركزي. وكما هو الحال في مازج ثنائي شوتكي، فإن هذا المازج كثير الفقدان.

مازج ثنائي الشبكة Dual gate mixer

النوع الثالث هو مازج يستخدم ترانزستور حقلي GaAsFET ذو شبكتين. يغذي الهزاز المحلي أحد الشبكتين وتغذي الإشارة الشبكة الأخرى. هذا الترتيب يؤمن عزلاً أفضل من مازج يستخدم ترانزستور بشبكة واحدة.

مازج رفض الخيال The image rejection mixer

لم يكن ممكناً خفض كتلة الترددات دفعةً واحدة لولا وجود الدارة المسماة بمازج رفض الخيال (انظر الشكل 4-4) والمازج هو دارة تجمع بين ترددين ليخرج تردد ثالث هو إما الفرق أو المجموع، ويتحقق خفض التردد من خلال "عملية المزج heterodyning ".

عندما يجتمع ترددان في مازج، يكون الخرج هو الترددان الأصليان وإشارة أخرى تساوي إلى مجموعهما ورابعة هي الفرق بينهما. وباستخدام دارات مُولِّفة، يمكن فصل التردد المرغوب. للتوضيح، إذا مزجت إشارة مرسل القنال 15 والتي تعمل في الحزمة C بتردد حامل 4.000 جيغاهرتز مع إشارة مذبذب محلي (LO) تردده 4.070 جيغاهرتز، فإن خرج المازج يحتوي على الإشارة الأصلية 4.000 جيغاهرتز و4.070 جيغاهرتز، إشارة الجمع 8.070 جيغاهرتز وأيضاً إشارة الفرق 70 ميغاهرتز. وبترشيح كل الإشارات ذات التردد الأعلى من 100 ميغاهرتز، تبقى فقط القنال 15 المتمركزة عند التردد 70 ميغاهرتز.

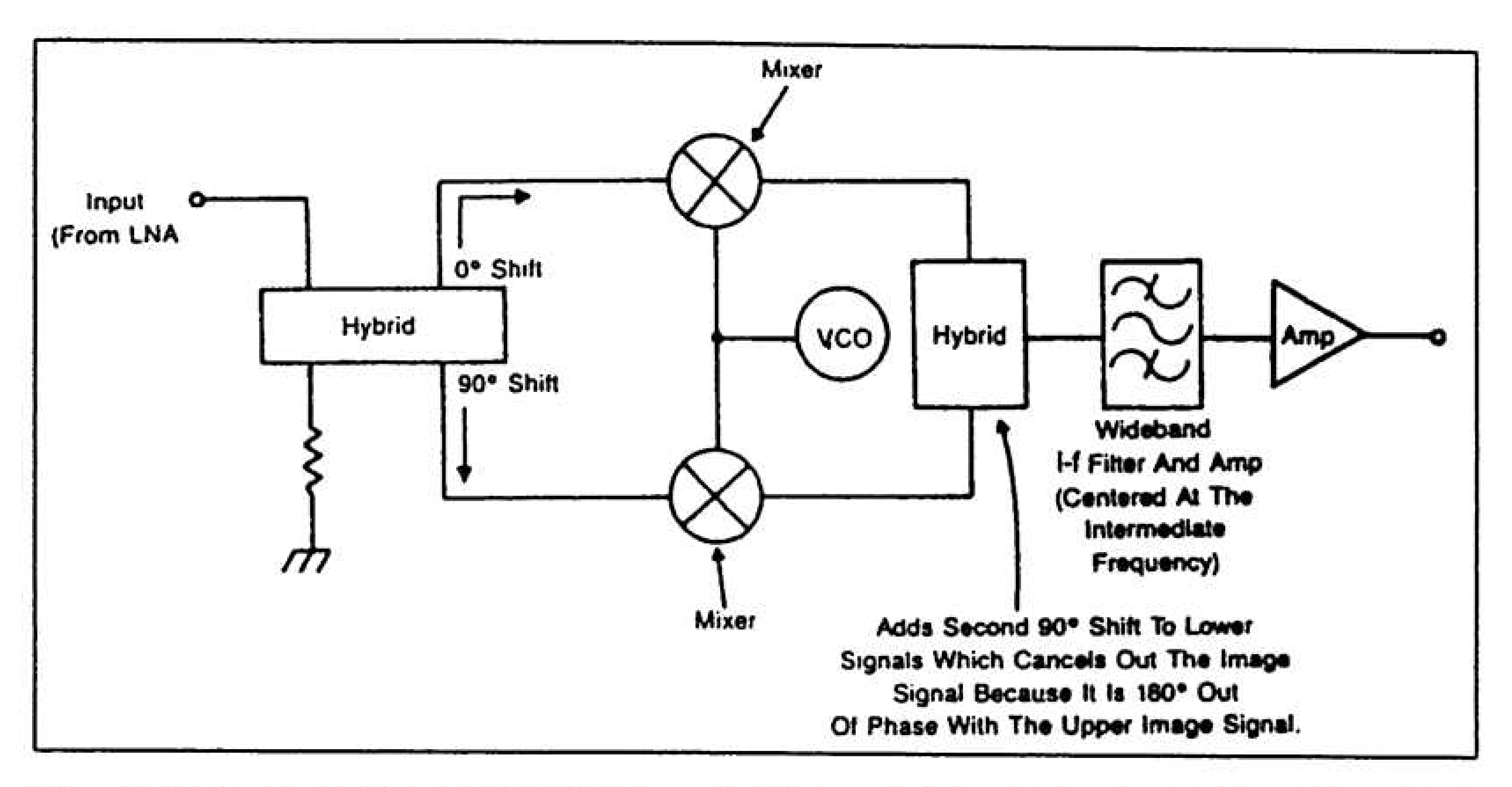
في الحقيقة، لا تدخل القنال 15 بمفردها إلى المازج بل تدخل كل الأقنية الموجودة في المجال 500 ميغاهرتز. وهي لا تسبب مشكلة ما عدا التردد الأعلى من تردد المذبذب المحلي بمقدار 70 ميغاهرتز، لأن هذه الترددات كما هو الحال بالنسبة لجميع الإشارات التي تدخل المازج، تضاف إلى وتطرح من تردد المذبذب المحلي. ولأن التردد أعلى بمقدار 70 ميغاهرتز، فإن إشارة الفرق سوف تكون بتردد 70 ميغاهرتز أيضاً وعند تلحين القنال 15 على تردد 4.000 جيغاهرتز يأتي الخيال من القنال 22 بتردد 4.140 جيغاهرتز. ولنلاحظ بأن التردد (LO) 4.070 منقوص منه 4.000 (قنال 15) وأيضاً التردد 4.140 (قنال 22) منقوص منه 4.070 (LO) يساوي 70 ميغاهرتز في كلتا الحالتين.

إن الخيال يكون دائماً أعلى بـ 7 أقنية أو بـ 140 ميغاهرتز من التردد المرغوب في نظام الـ 70 ميغاهرتز. ومع ذلك، فهو دوماً بقطبية معاكسة، كنوع من الأمان، ولكن ذلك لا يحل المسألة بشكل كامل ويبقى التساؤل عن كيفية إلغاء إشارة الـ 70 ميغاهرتز الغير مرغوبة، في حين تمر إشارة أخرى بتردد 70 ميغاهرتز أيضاً وتكون هي الإشارة المطلوبة.

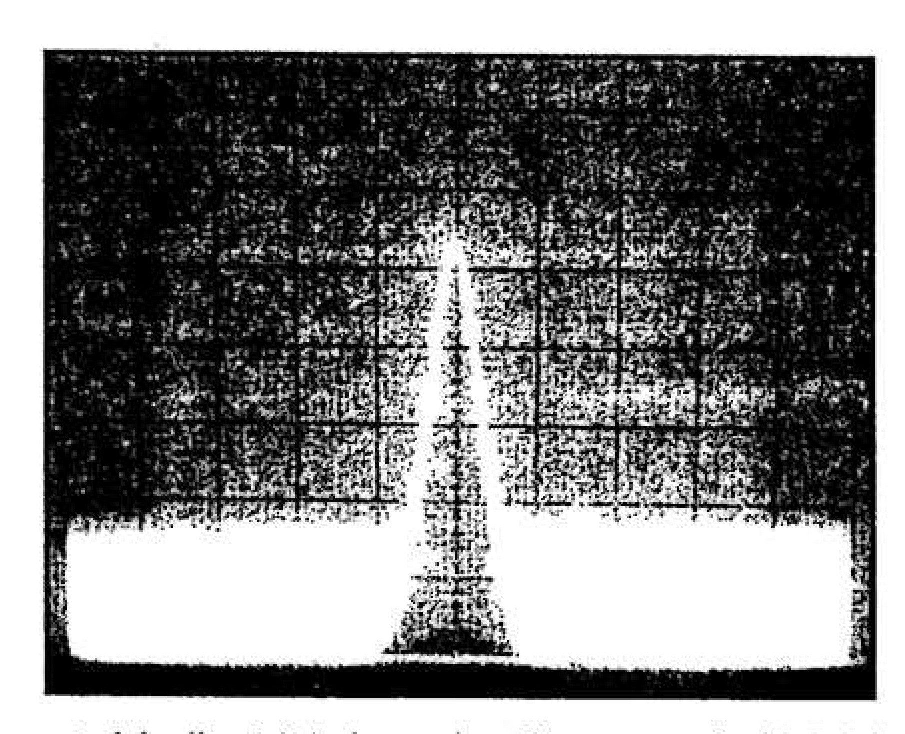
إن تصميم مازج رفض الخيال هو الحل لهذه المعضلة. وهو يعمل تماماً كما هو مفهوم من تسميته، فهو يلغي إشارة 70 ميغاهرتز الغير مرغوبة وهي "الخيال" بمسحها أو رفضها، في حين يثبت الإشارة المفيدة (انظر الشكل 4-5). ويقوم بذلك اعتماداً على مزيجين للطور 90° درجة، ومازجين إضافةً إلى بعض التراكيب الجبرية.

المخطط الصندوقي المبين في الشكل 4-4 هو لمازج رفض الخيال. تأتي إشارة الدخل من مكبر الضجيج المنخفض LNA، وتمر جميع الإشارات عبر الدارة الهجينة التي تولد إشارتي خرج الأولى متأخرة طورياً بزاوية 90 درجة. هذه الإشارات تدخل مازجين ويطبق عليهما معاً نفس الإشارة المتولدة من مذبذب محلي. إن تردد الخيال الأعلى من تردد المذبذب يتحول في المازج، وعندما يزاح طورياً بزاوية 90 درجة، يكون قد أصبح مختلفاً بالطور بمقدار 180 درجة عن المسار الأعلى للإشارة. وعندما تجتمع الإشارات من جديد في الدارة الهجينية الثانية، يتم إلغاء إشارة الخيال.

إن خفض التردد الأحادي يمكن تحقيقه دون الحاجة لمازج رفض الخيال إذا كان تردد المذبذب المحلي يزيد عن 240 ميغاهرتز، حيث يكون تردد الخيال في هذه الحالة دائماً أعلى من تردد أقنية القمر الفضائي ولا يُسبب أية معضلة. وفي هذه الحالة يكون التردد المتوسط IF أعلى أيضاً من 240 ميغاهرتز بدلاً من 70 ميغاهرتز.



شكل 4-4 مخطط صندوقي لمازج رفض الخيال وخافض للتردد. هذا الجهاز معروف أيضاً بكتلة خفض التردد الأحادي. والدارتان الهجينيتان تسببان إزاحتين بزاوية 90 درجة للإشارات في الجزء السفلي من الشكل. وهنا يلغي تردد الخيال ويبقي على تردد القنال المرغوبة.



شكل 4-5 إشارة التسريب من خافض التردد. هذه شاشة محلل طيف توضح تسريب من خافض تردد مقاس دون وجود إشارة على دخله. التردد المركزي هو 3.80 جيغاهرتز ومستوى القمة 36dBm-.

هزاز العازل الطنيني

The Dielectric Resonant Oscillator

إن الهزاز المحلي في كتلة LNB هو هزاز عازل طنيني (DRO). وهو واحد من أكثر الهزازات الميكروية المستقرة التي يتم تصنيعها على نطاق واسع. وهو يعتبر إنجازاً بحق. إن درجة استقرار بعض هذه الهزازات تصل إلى اميغاهرتز عند ترددات الحزمة Ku . إن تسميته بهزاز العازل الطنيني يعكس حقيقة وجود قطعة من السيراميك أو أية مادة عازلة أخرى تؤمن التغذية العكسية للهزاز، حيث يضبط تردد العمل بواسطة قرص معدني صغير مثبت بلولب. وهذا القرص يقوم مقام لبوس مكثف. يتم وصل اللولب إلى الأرضي، وعندما تتغير المسافة بين العازل والصفيحة تتغير معها قيمة المكثف.

مكبر التردد المتوسط IF

المرحلة التالية في المستقبل هي مكبر حزمة الترددات المتوسطة، وهي عبارة عن عدة مراحل تضخيم مسبوقة بمرشح تمرير حزمة مؤلف من خطوط نقل شرائحية لحذف ترددات الخيال. هناك أربعة أنواع من التصاميم للمكبر المستخدم في هذا الجزء، وهي التي تعتمد ترانزستور ثنائي القطبية Bipolar، ترانزستور MOSFET، ترانزستور حقلي GaAsFET والمكبرات الهجينية. في معظم كتل LNBs، يستخدم أكثر من نوع في ذات الكتلة ولكن الكتل LNBs الحديثة تعتمد على مراحل تكبير يستخدم فيها الترانزستور الحقلي GaAsFET ويتم تصنيع الملفات والمكثفات ذات القيم الصغيرة جداً الضرورية في هذه المكبرات بتقنية خطوط النقل الشرائحية.

الموصل the connector

إن مخارج معظم كتل LNBs الموجودة في الأسواق هي موصلات مؤنثة F وهذه الموصلات (التي يشار إليها غالباً بالرمز F%*S) هي من ابتكار أمريكي حيث تستخدم مركز الخط المحوري كدبوس اتصال. إن سهولة التواء السلك تؤدي إلى حدوث أعطال تنتج عن تكرار فك وصلة LNB أو المستقبل. هناك شيئان يميزان هذا الموصل هما سهولة فكه وتركيبه. إن الموصل المؤنث F يُوصل عموماً مع خرج كتلة LNB ذات الممانعة 75 أوم في حين يربط الموصل N مع خرج كتلة LNB ذات ممانعة 50 أوم، والموصلات N- قد تكون أكثر كلفة ولكنها ذات أداء أفضل.

ملاحظات حول استخدام اللواقط LNBs و LNAs

1. يجب عدم استخدام مفتاح إنكليزي أو أنبوبة أو أية أداة أخرى لتثبيت الوصلة F أو N مع كتلة LNB أو LNA. واليد هي فقط الأداة الجيدة لذلك. الشد باليد كافٍ لتحقيق التلامس.

2. ينبغي عدم استخدام أية مادة للحماية من تقلبات الطقس على حواف المستقطب أو المكبر LNA. ويجب فحص الحواف للتأكد من نظافتها ومن ثم تجميعها مجففة. والمادة الوحيدة التي يجب أن تتوضع بين كتلة LNB والمستقطب هي الطوق البلاستيكي، أو طوقين من البلاستيك، واحد على حافة دليل الموجة وآخر على حافة المكبر LNA.

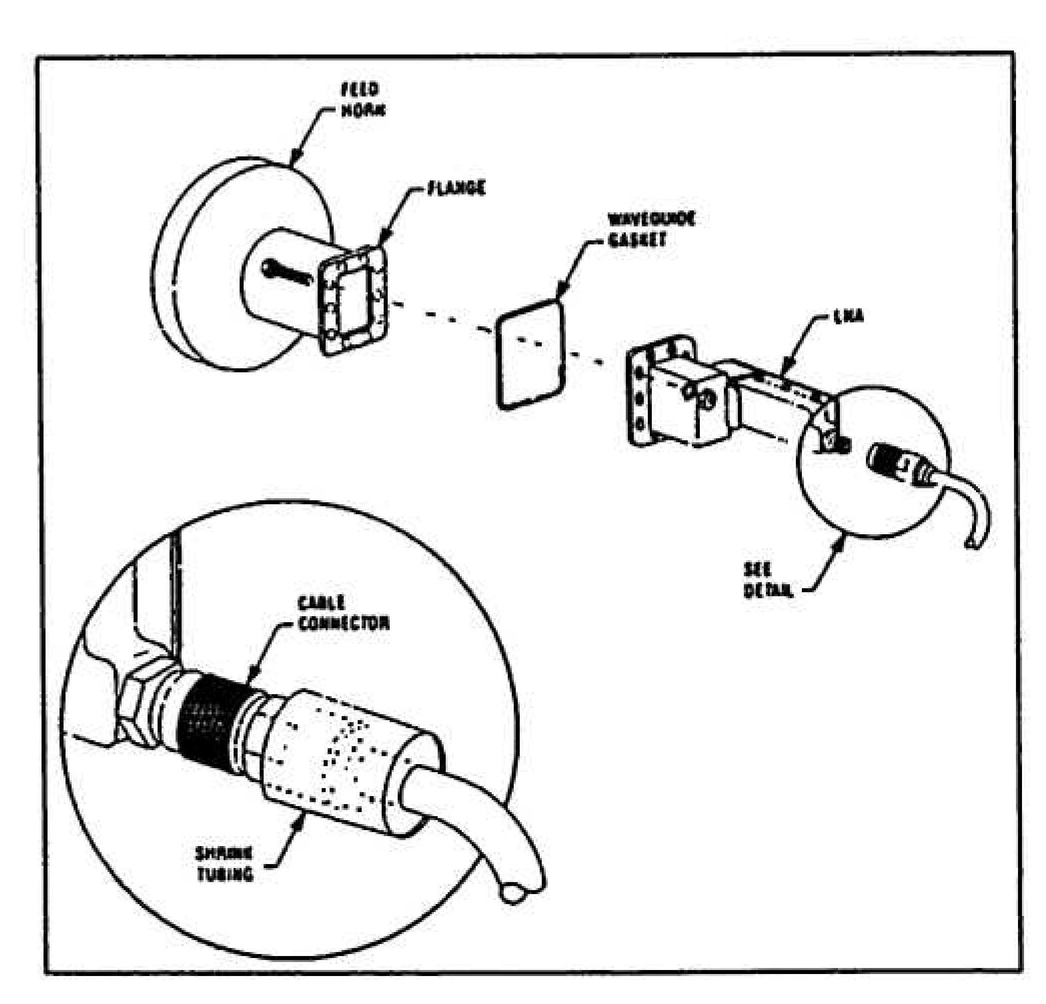
3. يجب فحص الدبوس المركزي للناقل F أو N قبل إجراء التوصيل للتأكد من مركزيته وبأن الامتداد عن الناقل المحوري هو كما ينبغي أن يكون.

4. يجب تأريض قرص الهوائي بشكل صحيح. وهذا أفضل حماية ضد الصواعق. وكذلك فإن خطراً بالموت ينتج عن قصر المحرك مع قرص الهوائي وهناك نقطة يجب الانتباه لها وهي أن الأعطال الناجمة عن الصواعق لا تغطيها كفالة المصنع.

5. يجب التأكد من أن التغذية الكهربائية مقطوعة قبل وصل أو فصل كتلة. وهذه نقطة قد تكون غير هامة ولكنها تصبح كذلك من أجل حماية وحدة التغذية. فمن الأفضل الوقاية قبل الندامة.

6. يجب عدم ملء الوصلة F أو أية وصلة أخرى بشحوم سيلكونية أو أي نوع طارد للماء لأنها تسبب المتاعب وعندما يكون دخل الناقل مع الوصلة مغلقاً بإحكام فإن الماء لا يمكن أن يتسرب عبره. ولكن من المهم جداً أن تكون وصلة المكبر منخفض الضجيج محمية جيداً من عوامل الطقس لتحقيق استقبال جيد للإشارة.

وأفضل طريقة للحماية تكون بلف شريط عازل ولاصق حول الوصلة ولمسافة بوصة أو اثنتين من الناقل المحوري ومن ثم حفظه بمادة واقية مثل CoaxSeal™، Scotchkote™ أو RTV. وإذا تطلب الأمر إجراء إصلاحات لاحقة، فإنه من السهل قص الشريط العازل. وهذه الطريقة سوف تؤدي إلى إزالة اللاصق والحصول على وصلة نظيفة. إن إضاعة دقيقتين في التغليف قد توفر ساعتين لإصلاح عطل مستقبلاً. كنقطة أخيرة تتعلق بالتركيب، يجب دائماً استعمال غطاء لقمع التغذية. فهي الطريقة الأسهل والأرخص ثمناً لحماية اللاقط من الرطوبة. يجب استخدام غطاءً ملوناً بلون غير داكن، لأن الأغطية الداكنة تمتص كثيراً من الطاقة الشمسية وترفع الحرارة تحت الغطاء إلى درجة تجعل رقم الضجيج عالياً في الأيام الحارة.



شكل 4-6 كتلة LNB مع قمع التغذية. عند تركيب المكبر ذو الضجيج المنخفض، يجب أن يستعمل دائماً طوق ذو ستة براغي على الأقل. وكذلك ينبغي تغليف الوصلة بشريط لاصق و/أو مانع تسرب للماء والحماية من العوامل الجوية.

أعطال اللاقط

لا يمكن إصلاح الأعطال الطارئة على اللواقط حقلياً ولكن نستطيع كشف العطل وتحديد أسبابه. وهناك ثلاثة أشياء رئيسية يمكن أن تؤدي إلى حدوث عطل في كتلة LNB: فاللحام البارد أو الوصل المتقطع في مكان ما من المكبر أوقد تكون إحدى مراحل التكبير متوقفة نهائياً عن العمل أو في حالة تراجع في الأداء. وأخيراً قد يكون المنظم هو سبب العطل الطارئ.

إن الترانزستورات GaAsFET و HEMT لا تقاوم كثيراً الكهرباء الساكنة أو الجهد الزائد. ويجب الانتباه إلى عدم

تركها دون تطبيق جهد تغذية صحيح على جميع النقاط. وغالباً ما يرافق حدوث عطل في منظم الجهد أن تتعطل أيضاً الترانزستورات في نفس الوقت.

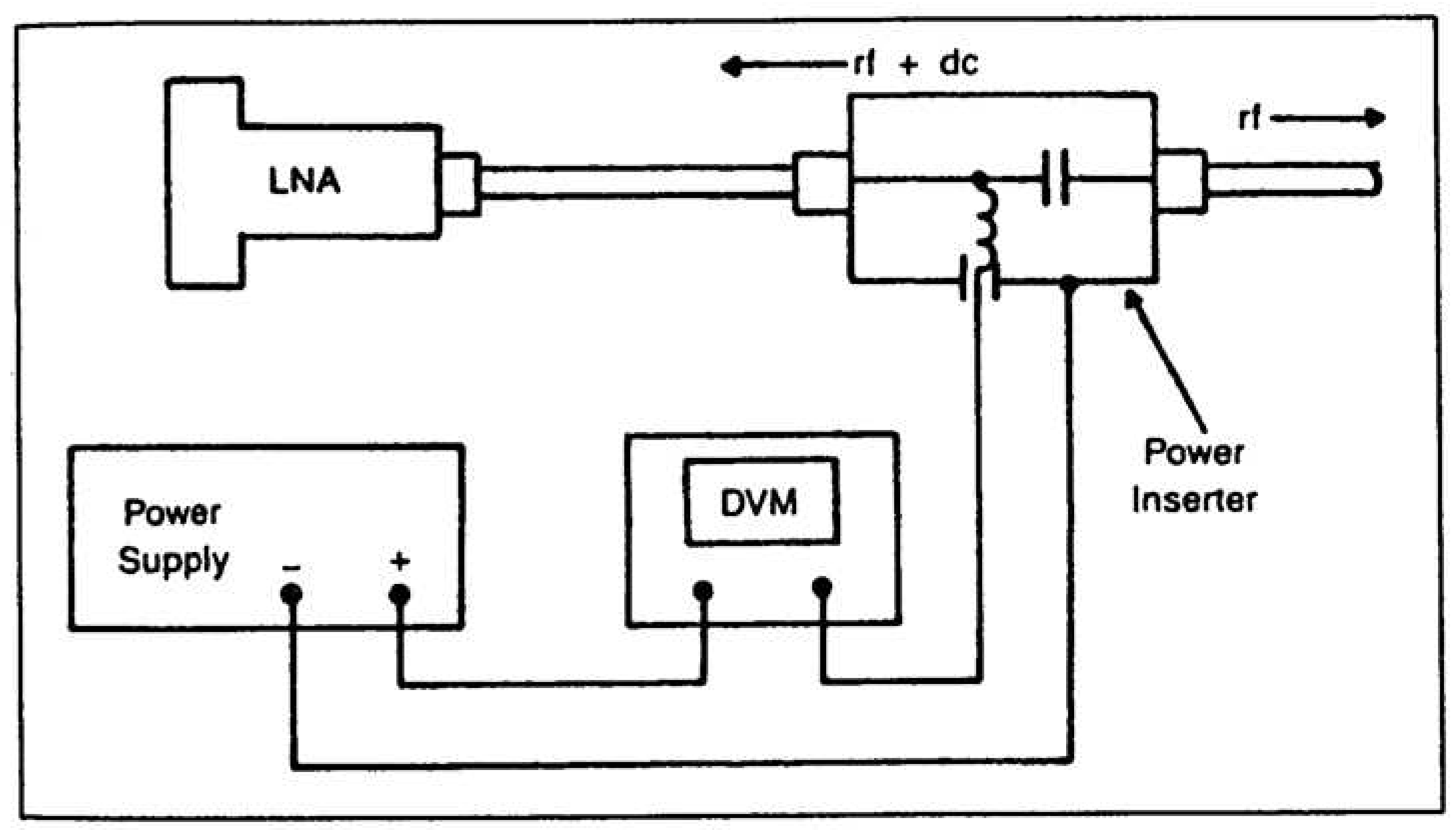
هناك العديد من الوصلات على شكل وصلات عبور أو نقاط قصدرة أو ربط يمكن أن تكون سبباً للأعطال. وهذه تؤمن التوصيل الكهربائي بين المنظم وبقية عناصر المكبر LNA. وهي غالباً السبب في الأعطال الناجمة عن الحرارة والأعطال المتقطعة. ومع ذلك فإن عدم الاستعمال الجيد للوصلة هو ما يؤدي إلى المتاعب. وكثير من الأعطال يمكن أن تنشأ حين يدفع بالوصلة المؤنثة بعيداً داخل المكبر LNA بواسطة دبوس مذكر متوضع بشكل مرتفع لأنه منحرف عن المركز أو بسبب استخدام ضغط قوي لدى تثبيته.

إن العناصر GaAsFETs و HEMT تكون في معظم الحالات، إما جيدة وتسحب تياراً صحيحاً أو مفتوحة ولا تسحب أي تيار. ولكي يتم تحديد العطل في اللاقط فإنه يجب قياس شدة التيار المار.

اختبار سحب التيار

عند تلقي اتصال من أحد الزبائن بأن لديه عطل من نوع صورة "مبرغلة " أو ربح غير كافٍ، فغالباً ما يكون مرد العطل هو اللاقط. وأول ما ينبغي عمله هو فحص تيار السحب (انظر الشكل 4-7). إذا كان التيار صحيحاً ويتراوح بين 120 و150 ميلي أمبير، تكون كتلة LNB سليمة.

إذا كانت الكتلة LNB تسحب 75 ميلي أمبير فقط، تكون إحدى مراحل المكبر عاطلة والإشارة تمر عبر العنصر المعطوب بربط سعوي. في هذه الحالة، يجب استبدال العنصر، فإذا غاب العطل، يجب إعادة الكتلة LNB إلى المصنع أو الموزع للإصلاح. وإذا وجد تيار السحب 200 ميلي أمبير أو أكثر، فالمنظم قد يكون قليل الجودة أو يمكن أن يكون هناك قصراً في إحدى مراحل التكبير وعندها يجب إرسال الكتلة للصيانة أيضاً.



شكل 4-7 قياس تيار السحب للمكبر LNA. يوضح هذا الشكل كيفية قياس تيار السحب للمكبر وهو يتراوح عموماً بين 80 و 120 ميلي امبير عند جهد من +15 وحتى +18 فولت مستمر.

ليس هناك وسيلة لإصلاح اللاقط حقلياً. وفي الحقيقة، إذا تم فتح الكتلة LNB، فإن ذلك يلغي الضمان. ولكن بالطبع إذا كانت فترة الكفالة منتهية، فإنه يمكن فتح الكتلة بدافع حب الاستطلاع والعقبة الوحيدة من جراء ذلك، هو أنه على الرغم من فرصة النجاح بإصلاح العطل، غير أن فتح الكتلة والعبث بها يمكن أن يؤدي لزيادة الأعطال ورفع كلفة الإصلاح لاحقاً. وهذا ما يحدث خاصةً حين تتعلق المسألة بدارة متكاملة ميكروية (MIC) حيث أن قليلاً من المواد الدهنية التي تصل إلى خطوط النقل الشرائحية عند لمسها بالأصابع، كافية لتغيير خصائصها. ولحسن الحظ، فإن الدارات المتكاملة الميكروية قد أصبحت نادرة في الكتل LNB. ومع ذلك، فإن كلفة استبدال كتلة LNB هي بحدود 50 إلى 65 دولار، لذلك فمن الوارد عدم إرسالها للإصلاح. ولكن يبقى ممكناً إلقاء نظرة على كتلة معطلة وليست مغطاة بالكفالة. وقد يكون العطل بسيطاً وناتجاً عن عطب المنظم أو حدوث خدش في خط النقل الشرائحي، وإصلاح مثل هذه الأعطال يعيد الكتلة للعمل من جديد.

إن النموذج الأخير للنظام الذي شاع استخدامه وأصبح معيارياً في الصناعة، هو نظام كتلة LNB حيث تمزج الإشارات ذات التردد 4GHz أو 11GHz مع التردد الثابت والوحيد للمذبذب وتُنقل جميع ترددات الأقنية ذات الاستقطاب الواحد ككتلة ترددات إلى كتلة ترددات أخفض (BDC) وتأخذ مجالات ترددية مختلفة وتبقى المجالات من 950 إلى 1450 ميغاهرتز ومن 950 وحتى 1750 ميغاهرتز هي المجالات المعيارية للحزمة C في أمريكا الشمالية وللحزمة Ku بالنسبة لأوربا على الترتيب.

يتبع مكبر الضجيج المنخفض في كتلة LNB، دخول الإشارات إلى مازج يجمعها مع خرج مذبذب تردد محلي. ويمكن أن يكون المازج من النوع الفعال أو غير الفعال وكلاهما يضيف إلى الإشارة قليلاً من الضجيج. إن العنصر الذي يُحقق تخفيض كتلة الترددات والذي ربما يكون خلف الانتشار الواسع لكتل LNBs، هو الهزاز ذو العازل الطنيني (DRO). ويتركب الهزاز من ترانزستور GaAsFET مع قطعة من مادة السيراميك (العازل) وصفيحة معدنية تؤمن التغذية العكسية. تثبت الصفيحة إلى دليل الموجة بواسطة برغي لولبي، وهذا يعني بأن المسافة بين الصفيحة والمادة السيراميكية تكون قابلة للتغيير، وهي في الحقيقة بمثابة مكثف تلحين.

في البداية، استخدمت الهزازات DRO مع كتل LNBs الخاصة بالحزمة C. وحيث أن قطعة السيراميك اللازمة لحقن الترددات في الجانب الأخفض يجب أن تكون نوعاً ما عريضة، لذلك استخدم الحقن في الجانب الأعلى (تردد الاهتزاز يزيد عن تردد الحزمة C) وذلك يعني أن تردد DRO من أجل الحزمة C هو بحدود 5.15 جيغاهرتز. وهذا المبدأ مطبق أيضاً في كتل LNBs للحزمة Ku، ويستخدم حقن الجانب السفلي، ولهذا السبب يوجد مفتاح لاستقطاب الإشارة المرئية في الكثير من المستقبلات الفضائية. إذا استُخدم الحقن الجانبي العلوي في المبدِّل الخافض فإن كامل المجال يتم عكسه، وعندئذ تنعكس قطبية إشارة الفيديو. ولكن إذا استخدم حقن الجانب السفلي، يبقى استقطاب الإشارة المرئية طبيعياً.

إن التردد المعياري للهزاز DRO من أجل كتل LNBs تعمل في المجال الترددي من 10.95 وحتى 11.7 جيغاهرتز هو 10 جيغاهرتز. وينجم عن ذلك، خرجاً لكتلة الترددات المتوسطة مساوياً إلى 950 وحتى 1750ميغاهرتز. وتردد الهزاز DRO لنظام البث الأوربي المباشر عبر القمر الفضائي في المجموعة 11.7 وحتى 12.5 جيغاهرتز هو 10.5 جيغاهرتز وبعد تخفيض التردد إلى المجال 950–1450 ميغاهرتز (أو 1750 ميغاهرتز) يتم تكبير إشارات المجموعة الترددية وتحقيق الملاءمة مع خرج الوصلة F. وهذا المضخم يحتوي على ثلاث أو أربع مراحل، في كل منها ترانزستور UHF FET أو ترانزستور UHF ثنائي القطبية وتأتي التغذية لكتلة LNB من المستقبل عبر خط نقل محوري، حيث يتراوح الجهد عموماً بين 15 و24 فولت.



5

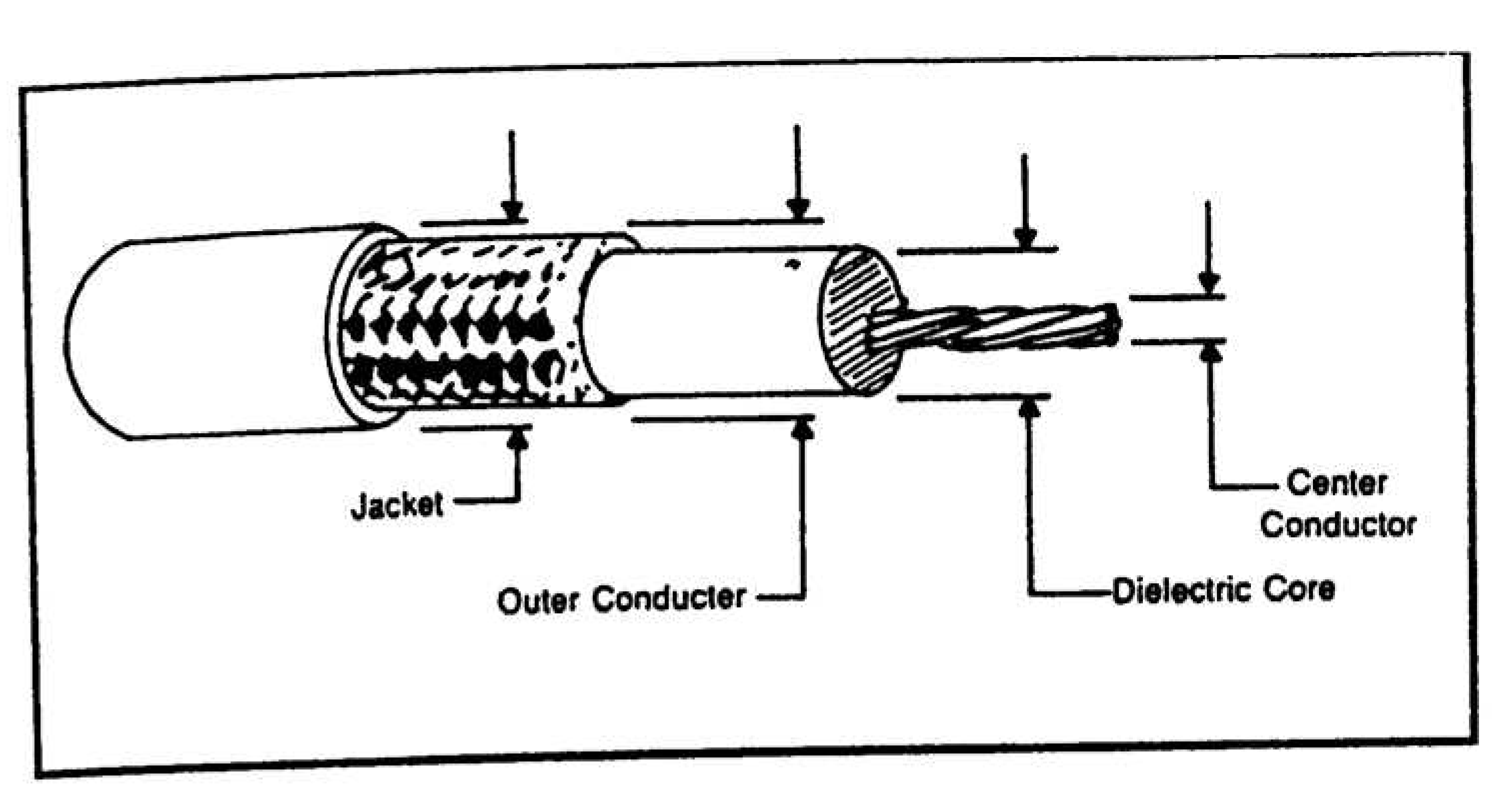
خطوط النقل والموصلات Connectors

هناك نوعان رئيسيان من الأسلاك التي تستخدم في تركيب التلفزيون الفضائي المنزلي، وهي خطوط النقل المحورية والأسلاك المعزولة. وغالباً ما تكون الأسلاك المعزولة على هيئة أزواج أو مجموعات من الأسلاك ضمن غلاف للتحجيب. والمعايير الأساسية في اختيار أي خط نقل هي أنواع الجهود والإشارات التي سوف تنقلها.

إن جميع مصنعي خطوط النقل يبيعون منتجات متشابهة، على الأقل حين مقارنتها من حيث المواصفات المكتوبة، ولكن هناك فروقات دقيقة عديدة بينها. ومن بين الفروقات نجد نوع المادة المستعملة في العزل، النسبة المئوية المجدولة في التحجيب، حجم الناقل المركزي وعدد الأسلاك في الجديلة وجميعها تختلف من منتج إلى آخر. ويكون الاختيار الأفضل مرافقاً لزيادة المعرفة المتوفرة عن المنتج.

خطوط النقل المحورية

يتركب خط النقل المحوري من أربع عناصر مختلفة هي الناقل المركزي ومهمته نقل الجهد المستمر والإشارة، القلب العازل، الناقل الخارجي وهو للتحجيب أو التأريض وأخيراً الغلاف المصنوع من مادة البلاستيك pvc والشكل 5-1 يبين خط نقل محوري ومركباته. يلعب كل عنصر دوراً هاماً في عمل خط النقل، فالغلاف الخارجي يحمي الناقل من الرطوبة والزيت، الأكسدة ، الأوزون ،الحموض وكذلك الحك. أما الناقل الخارجي فهو لتحجيب الناقل الداخلي من القوى الكهرمغناطيسية الخارجية ويعمل كأرضي لعودة الإشارة. أما العازل فهو لتقدير ممانعة خط النقل ويقوم بعزل الناقل المركزي عن الحاجب. ومهمة الناقل المركزي هي نقل الإشارات من طرف إلى آخر وتأمين تماس ميكانيكي جيد عند النهايتين باستخدام بعض أنواع الموصلات. ويمكن أن يكون مجدولاً أو قاسياً وذلك بحسب الإشارة التي ينبغي نقلها.

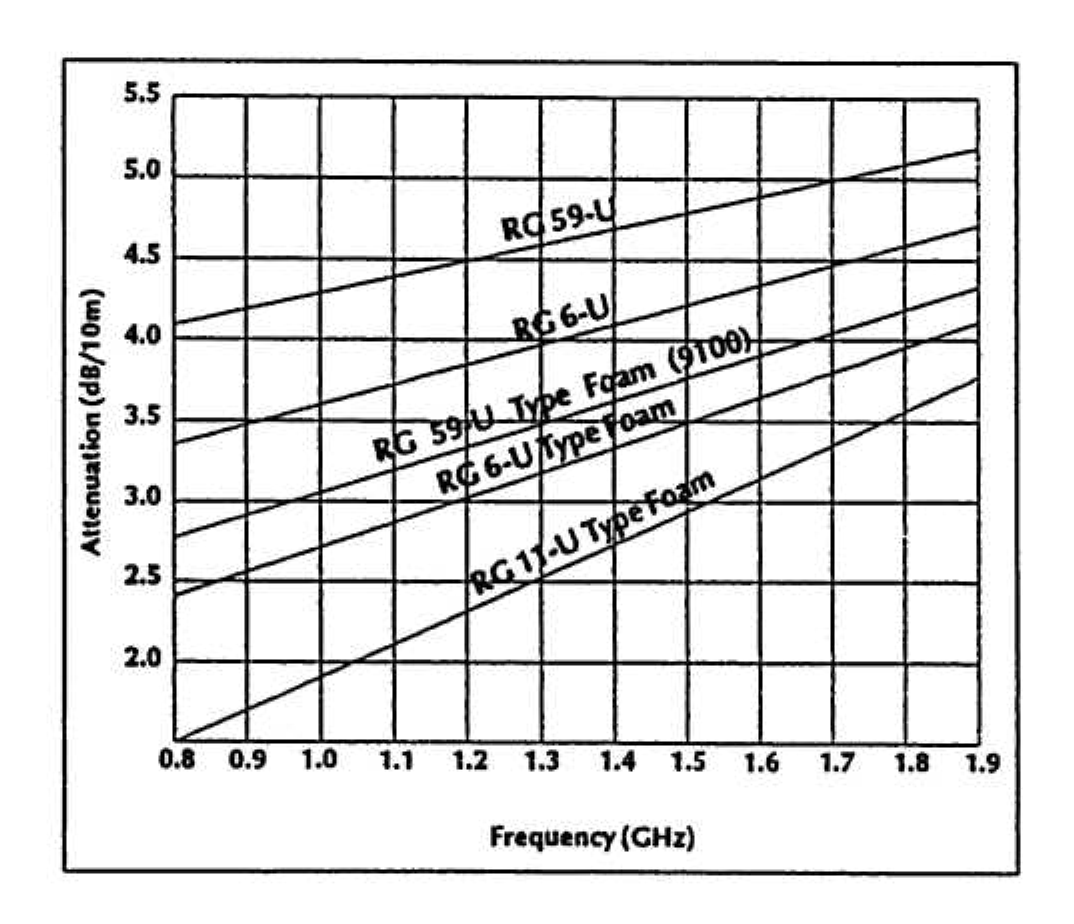


شكل 5-1 تركيب خط نقل محوري. الاجزاء المختلفة لخط نقل محوري تظهر هنا. وللخط المحوري ناقل مركزي مجدول أو صلب. قلب عازل مصنوع من أنواع مختلفة من بولي ايتلين. جديلة أو اثنتين للناقل الخارجي أو الحاجب وغلاف من مادة PVC.

إن الخاصة الأساسية للناقلية الكهربائية هي كلما كان تردد الإشارة أعلى كلما ابتعدت الإشارة عن الناقل المركزي واقتربت من السطح. وهذه الظاهرة تدعى "بالتأثير القشري skin effect" فعند الترددات الميكروية تنقل معظم طاقة الإشارة على سطح الناقل لذلك فإن الناقل ذو الأداء الفعال للأمواج الميكروية هو دليل الموجة حيث تجتاز الإشارات عبر السطح أيضاً. وبما أنه يمتاز بسطح أوسع من الناقل المركزي، فمن الطبيعي أن يكون أفضل مردوداً لنقل القدرة للأمواج الميكروية.

ليس عملياً بالطبع أن يستخدم دليل الموجة في تجهيزات الاستقبال التلفزيوني المنزلي من القمر الاصطناعي بإستثناء السطح البيني interface الذي يربط كتلة LNB مع قمع التغذية، وذلك لأن تخفيض الضياعات في هذا الجزء من منظومة الاستقبال أكثر أهمية من زيادة الكلفة البسيطة الناجمة عن استخدام دليل الموجة، إذ أن الفقدان الذي تعاني منه الإشارة عند مرورها في الناقل المحوري لا يوازي رخص ثمنه.

إن الناقل المحوري والعازل يتدرجان من حيث القطر حسب التسميات. من RG-59 إلى RG-6 إلى RG-11 . إضافة إلى أن تخميد الناقل يتناقص عكساً مع الزيادة على حجم الناقل. ويقوم الصنف RG-59 بتخميد إشارات ذات تردد 70ميغاهرتز بمعدل 1dB لكل 10 أمتار. أما الناقل RG-6 فله تخميد 0.82dB وكذلك الفقدان في النوع RG-11 بحدود 0.66dB من أجل تردد 70 ميغاهرتز وطول 10 أمتار أيضاً. إن الفقدان عند تردد 1 جيغاهرتز هو عموماً بحدود 2.6dB في الناقل RG-6 والشكل 5-2 يبين التخميد لأنواع مختلفة من خطوط النقل المحورية.



شكل 5-2. تخميد خطوط النقل بدلالة التردد. يبين الفقدان /متر لخطوط النقل المحورية القياسية. ويقاس التخميد من اجل 10 امتار في مجال ترددات خرج اللاقط.

إن ممانعة أغلب خطوط النقل المحورية المستخدمة في المنازل لأغراض الاستقبال الفضائي المنزلي هي 75 أوم وتساوي ممانعة خطوط نقل الإشارة في شبكات التوزيع التلفزيوني. وتتعلق الممانعة بقطر نقل الناقل المركزي، حجم العازل وبعد الناقل المركزي عن الحاجب.

في الأنظمة الأولى من لواقط الحزمة C وبعض أنظمة الاستقبال TVRO الحديثة في أوربا، يستخدم الناقل RG-213 ذو الممانعة 50 أوم على نطاق واسع، وهو سهل التركيب نوعاً ما وهذا سبب انتشاره على الرغم من أن الناقل RG-214 هو أفضل أداءً، ويرجع ذلك للتحجيب المضاعف وهذا يعني احتوائه على جديلتين تحجبان الناقل الداخلي، وهو أيضاً أكثر قساوة وذو قطر أكبر، ومن أجل تردد 4جيغاهرتز نجد أن لكلا الناقلين RG-213 و RG-214 التخميد ذاته وهو7.1dB لكل 10 أمتار.

إن الناقل الأكثر شيوعاً ذو الممانعة 75 أوم هوRG-59 وهو عبارة عن خط نقل مركزي واحد، عازل وحجيب. وبجانب هذه المواصفات العامة، فإن لكل نوع من النواقل RG-59 خصائص مختلفة قليلاً. فمثلاً الشركة المصنعة Belden تنتج أنواعاً مختلفة من النواقل RG-59/u حيث يتفاوت التخميد فيها من أجل تردد 70 ميغاهرتز بين 2.6 و 3.5dB لكل 100 قدم. أو بعبارة أخرى، فإن بعض أنواع النواقل RG-59 التي تنتجها Belden تكافئ بعض نواقل RG-6.

ينبغي أن يكون الناقل المركزي للصنف RG-59 نصف قاس ليحقق إيلاجاً فعالاً مع الوصلات المؤنثة للناقل المحوري وفي أنواع النواقل RG-59 ذات السلك المحوري القاسي هناك احتمالاً لأن يلتوي بسهولة أثناء إيلاجه في الوصلة المؤنثة. والسبب الوحيد لعدم استخدام ناقل نصف قاسي هو جعل الكلفة في أدنى مستوياتها. ولا ينصح باستخدام هذا النوع من النواقل المحورية في الأنظمة المنزلية للاستقبال الفضائي.

استعمال الناقل المحوري

لا يوجد إرشادات وتعليمات خاصة باستخدام النواقل 75 أوم مثل RG-11،RG-6،RG-59 والتحذير الوحيد هو الانتباه لدى تثبيتها على الجدران أو العوارض وعدم إحداث خدوش فيها أو قرضها لأن الممانعة سوف تتغير في نقطة حدوث الخدش أو القرض.

إذا طرأ التواء عند نقاط مختلفة من مسار الناقل فقد تظهر أمواج مستقرة أو خللاً في الممانعة حتى من أجل تردد منخفض مثل 70 ميغاهرتز حيث تنشأ انخفاضات عميقة في استطاعة الإشارة عند ترددات معينة ويمكن أن ينتج عن ذلك اختفاء أقنية اختفاءاً تاماً وتتأثر عدة أقنية أخرى. وعند حدوث هذه

الأعطال، يجب استبدال الناقل لأن إزالة "الحبسات" لا تؤدي إلى إصلاح العازل المعطوب الذي سبب تغيراً في الممانعة. إن التحذير الأهم هو التأكد أثناء تركيب الناقل ذو الممانعة 50 أو 75 أوم من أنه تم لحامها بشكل صحيح. عند طمر النواقل، فإن أنابيب البلاستيك PVC تستخدم عموماً كمجرى، وفي حالات كثيرة يكون ذلك غير ضرورياً ولكن بوجود الأنبوب يصبح الناقل أكثر نظافة وأفضل شكلاً جمالياً ولدى استعمال أنبوب PVC ينبغي أن يكون قطره كبيراً بحيث يكون كافياً لتمرير الناقلين الداخلي والخارجي من خلاله بسهولة. ويجب أيضاً تغليف الوصلات دائماً أثناء تركيب الناقل المحوري بحيث تمنع دخول الرطوبة والأوساخ إلى داخله إذ أن الوصلة الملوثة يمكن أن تسبب أعطالاً مثل انقطاع الإشارات نظراً لكون اللحام غير محكم. ويجب أخذ الاحتياطات ذاتها أثناء تثبيت الناقل بخطاف J خصوصاً لدى استخدام الوصلة N مع ناقل RG-213 إذ أن الطرف الحاد للخطاف يمكن أن ينزلق في غلاف الناقل مسبباً دخول الماء عبره مباشرةً أو في وقت لاحق وينبغي تجنب ذلك. عندما يستعمل أنبوب البلاستيك PVC، يمكن منع دخول الماء بوضع قطعة على شكل " U" عند كل مدخل ومخرج للناقل، ويصبح ذلك ضرورياً في المناطق التي يحدث فيها تجمد في فصل الشتاء. إذ أن الماء ضمن أنبوب PVC يأخذ حجماً أكبر لدى تجمده مما قد يؤدي إلى قطع الناقل المحوري وبالتالي التعرض لكل أنواع المشاكل عند حلول الربيع وتشرب العازل للماء المذاب.

عند استعمال خطوط نقل ذات قطر كبير مثل RG-213، RG-214، RG-8، وخاصة الخطوط القاسية منها، ينبغي التعامل معها بعناية خاصة وتجنب الالتواءات الحادة مهما كان الثمن. إن معظم النواقل لها قطر إلتواء يعادل (القطر×عشرون) على الأقل. فمن أجل الناقل RG-213 يجب أن يكون قطر الحلقة الأصغري 20سم. بعض الأغطية لأقماع التغذية لا تترك إلا مجالاً صغيراً لالتواء الناقل ولا يتجاوز هذا المجال بضعة سنتيمترات. وعلى الرغم من أن تأمين غطاء كتلة LNB هام جداً للحماية من الرطوبة و الأشعة فوق البنفسجية، فإنه عندما يكون صغيراً ولا يكفي لتغطية كامل الكتلة LNB، فيمكن أن يسبب ارباكاً أكثر من أن يحل مشكلة. والحل الأفضل في هذه الحالة، هو في استخدام غطاء من المطاط المرن بحيث يجعل خط النقل قابلاً للحركة وهذا ليس ممكناً عند استعمال أغطية بلاستيكية صلبة من نوع ABS.

Cable Type	Nominal Impedance (ohms)	Jacket Outer Diameter (inches)	Loss (dB/100 feet) 70 MHz	4 GHz	Dielectric Type	Shield Coverage (% of braid)
RG-59	75	0.242	2.2	N/A	Polyethylene	80
RG-6	75	0.336	2.5	N/A	Solid polyethylene	
RG-11	75	0.405	1.8	N/A	Polyethylene	97
RG-8	50	0.405	1.5	18	Cellular/poly.	97
RG-213	50	0.405	1.8	21.5	Polyethylene	97
RG-214	50	0.425	1.8	21.5	Polyethylene	98
9913	50	0.405	0.8	11.0	Semi-solid/poly.	100
9914	50	0.405	1.3	13.0	Cellular poly.	100
9915	50	0.870	0.7	10.0	Solid poly.	100

TABLE 5-1b. GENERIC CABLE EQUIVALENTS

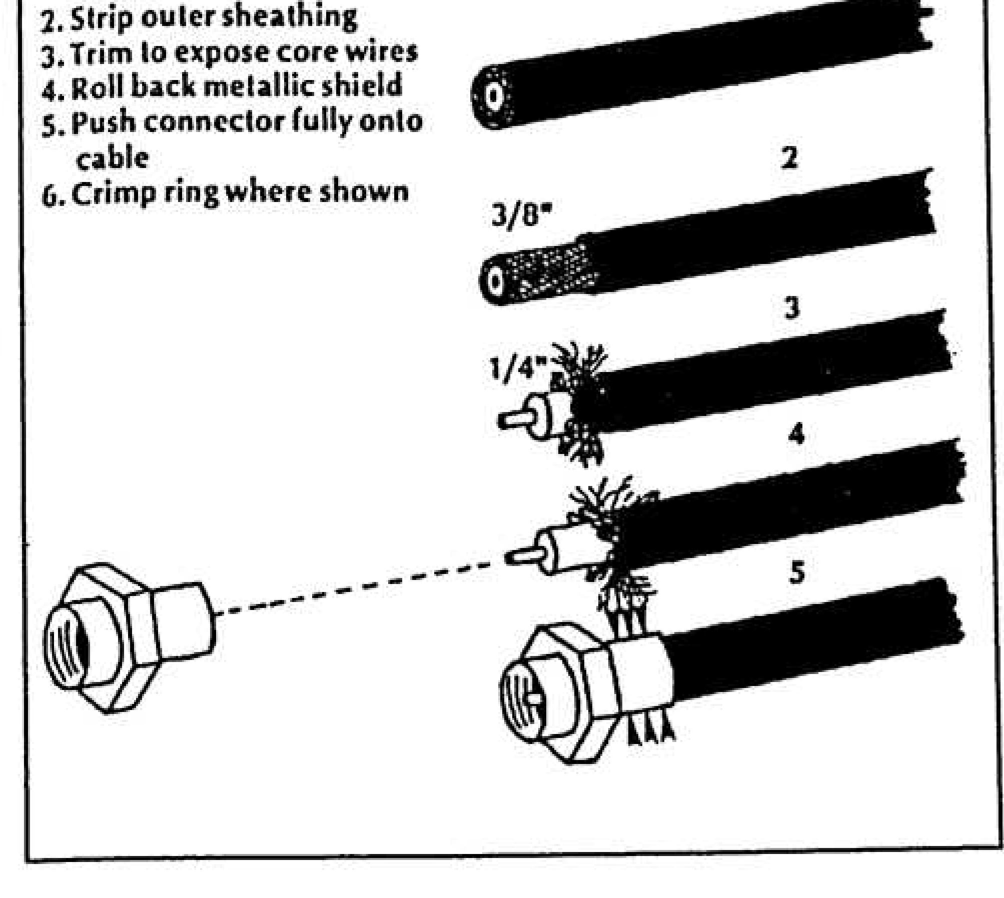
Cable Type	Alpha	Belden
RG-59	9059	9240
RG-6	9006A	8215
RG-11	9011A	8238
RG-8	9008	8214
RG-213	9213	8267
RG-214	9214	8268
RG-8		9913
RG-8		9914
RG-218		9915

الجدول 5-1 مقارنة بين النواقل المحورية

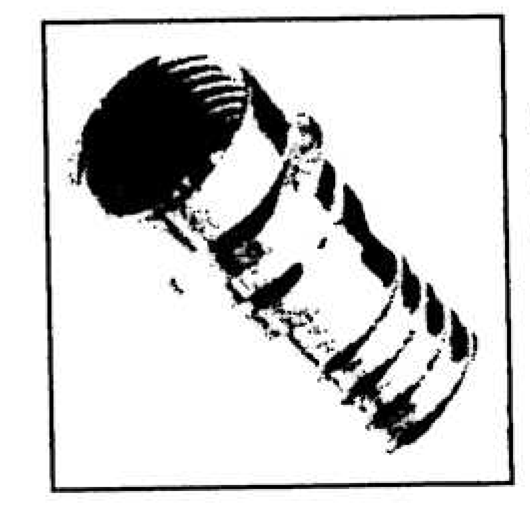
الوصلات المستخدمة مع خطوط النقل المحورية Coax Connectors

إن خط النقل المحوري الذي يربط كتلة LNB ومستقبل القمر الفضائي، مجهز دائماً بوصلات F- (انظر الشكل 5-3). وأداة الجدل هي الوحيدة المستخدمة في هذه التقنية. وقد شاع استخدام الوصلات N- على الأنظمة القديمة لمكبرات LNA، ولا زالت تستخدم أحياناً لوصل بعض كتل LNBs الأوروبية مع المستقبلات.

إن تركيب الوصلات N- على خطوط نقل محورية أكبر قطراً مثل RG-213 أو RG-214 أصعب تنفيذاً من الوصلات F- (انظر الشكل 5-6).



الشكل 5-4. تركيب الوصلات F-. يبين طريقة التركيب خطوة خطوة. يجب الانتباه أثناء التركيب إلى عدم خدش الناقل المركزي لأن ذلك سوف يؤثر على التيار المار عند الترددات العليا المستخدمة في التلفزيون الفضائي.



الشكل 5-3 وصلة F-. تستخدم هذه الوصلات مع نواقل مثل RG-59 او RG-6 او RG-11 وهي مناسبة من اجل ترددات أقل من 1.5 جيغاهرتز.

الأسلاك المعزولة ووصلات SCART

هناك أنواع من الأسلاك المستخدمة في أنظمة الاستقبال الفضائية تعتمد ناقلاً صلباً أو مجدولاً مغلف بطبقة PVC. تقوم هذه الأسلاك بنقل جهد التغذية وإشارات الجهد المستمر. وعموماً فإن الأسلاك المعزولة تستخدم لنقل القدرة والنبضات إلى كتلة خفض التردد وإلى وحدة التغذية بالجهد المستمر. أما خطوط النقل المحورية فتربط التغذية مع محرك الدفع وإشارات التغذية العكسية. تختلف هذه الأسلاك حسب أبعادها وتصنف عادة برقم يعبر عن AWG (American Wire Gauge). وهو يصغر كلما أصبح القطر أكبر. وليس قطر السلك هو العامل الوحيد الذي يحدد إمكانية نقل التيار، بل هناك عوامل أخرى هامة من بينها عدد النواقل المجدولة وأعلى درجة حرارة يحتملها غلاف السلك، إضافة إلى الشروط المحيطية، مثل كون الناقل في مجرى مغلق مطمور أو مفتوح مع سريان الهواء. إن حجم السلك يؤثر على المقاومة الناشئة عن امتداد الطول. وهناك مقارنة بين أسلاك بحجوم مختلفة من مقياس 10 إلى 24 (وهي الأكثر استعمالاً في الاستقبال الفضائي) موضحة في الجدولين 2-5، 3-5 حيث تبين علاقة طول السلك بدلالة المقياس لمختلف التطبيقات. وبينما يمكن استخدام سلك بمقياس يعبر عن قطر أكبر لتطبيق معين، فإن العكس غير صحيح. فمثلاً، إذا كان المطلوب استخدام سلك بمقياس 18AWG، فإنه من الممكن اعتماد سلك مقياسه 16AWG. وقد يؤدي استخدام سلك ذو مقياس 20 أو 22AWG إلى عقبات.

Maximum Usable Frequency (without amplification)	Cable Lengths (metres) 25	50	100
70 MHz	RG-59	RG-59	RG-6
950 MHz	RG-6	RG-6	RG-11
1,450 MHz	RG-6	RG-6	RG-11

الجدول 5-2 أنواع وأطوال خطوط النقل المحورية بدلالة التردد الأعظمي

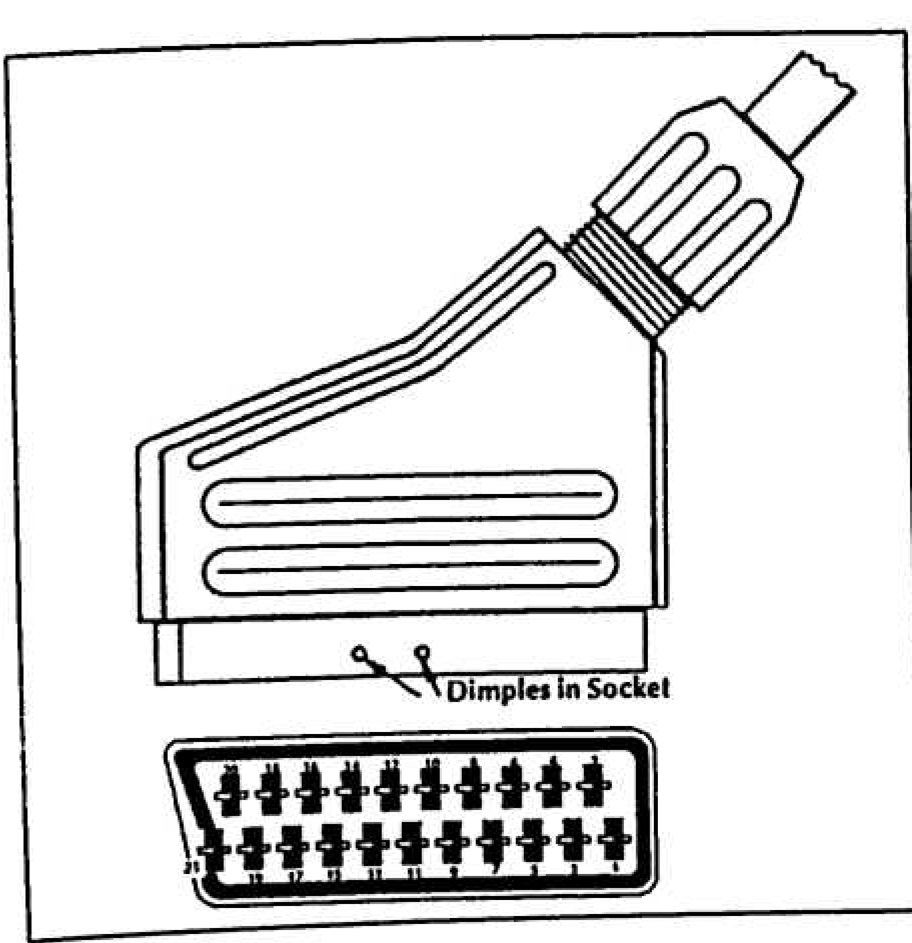
ACTUATOR CONTROL CABLES

Max. Cable Length (metres)	Wire Gauge Motor	Shielded Sensor
25	16	20
50	14	20
100	12	20

جدول 5-3 أنواع خطوط النقل المستخدمة مع المحرك بدلالة طول الناقل.

الوصلة SCART

تستخدم الوصلة SCART (اختصاراً من Syndicat des constructeurs d'Appareils Radio Recepteurs et Televiseurs) عموماً في أوربا، لوصل مكونات وعناصر السطح البيني لصوت والصورة. وهي تتألف من 20 نقطة تماس مثبتة في علبة عازلة ومحاطة بحافة معدنية تبرز من العلبة البلاستيكية (انظر الشكل 5-5) ويتم وصل خط النقل بواسطة حلقة مسننة تستخدم الحافة المعدنية لتأريض. إن المآخذ المكملة هي قطع مثبتة على التلفزيون أو المستقبل الفضائي وتحتوي الوصلة على نقرتين في أحد الجانبين مع حفرتين مناسبتين في المآخذ لقيادة الوصلة وتثبيتها مباشرة على دارة مطبوعة. إن الوصلة SCART هي حاليا العنصر القياسي في أوربا لأغراض نقل إشارة الصوت والصورة. هناك بعض الاختلافات بين الملامس المخصصة على الوصلة SCART القياسية وتلك المستعملة لربط فاك الشيفرة في مستقبلات الأقمار الفضائية، وتقع الفروقات في الملامس 19، 20. ففي وصلة الكاشف (فاك الشيفرة) Decoder SCART، تكون إشارة المحطة الأرضية موجودة على الملمس 19، بينما على النموذج القياسي (Standard SCART)، فإن هذا الملمس يحمل إشارة خرج فيديوية يمكن استخدامها لتغذية مسجل فيديو أو مستقبل تلفزيوني. الملمس 20 على الوصلة Decoder SCART هو عودة الإشارة المرئية وخرج فاك التعمية (descrambler) مطبق على هذا الملمس. على وصلة قياسية SCART فإن الملمس 20 هو دخل إشارة فيديوية تستخدم لاستقبال إشارات قادمة من مسجل فيديو أو كاميرا أو جهاز تلفزيوني أو أي منبع آخر لإشارة مرئية. والجدول 5-6 يبين ملامس الوصلات لنوعي السطوح البينية D المستعملة في أنظمة ASTRA وكذلك للسطح البيني لفاك التعمية.



الشكل 5-5 وصلة SCART. هناك 20 ملمس في وصلة SCART إضافة لوصلة العلبة وتستخدم النتوءات لوضعه في المجرى وللتثبيت على المآخذ وتعلق خطوط النقل بواسطة كلابة.

يستخدم مأخذ SCART في بعض المستقبلات كسطح بيني لفاك الترميز. واستخدام الحلقة المغلقة يعني بأن فاك التعمية يعمل بشفافية بحيث لا ينتبه المشاهد إلى الانتقال من قنال عمومية إلى قنال مشفرة.

تقوم ملامس مفتاح الصوت والفيديو باختيار مخارج فاك التعمية المناسبة. فإذا كانت إشارة الفيديو معماة وكان لفاك التعمية خرج ساري المفعول؛ تصبح ملامس مفتاح الفيديو مؤرضة. وإذا كانت إشارة الفيديو في وضع PAL طبيعي وفاك التعمية غير فعّال، يكون مفتاح الفيديو موصولاً إلى الجهد +12V وبذلك يمكن للمستقبل انتقاء فاك تعمية لإشارة الفيديو.

جدول 6-5a ملامسات الوصلة : SCART			
مواصفات ASTAR من أجل السطح البينى لفاك التعمية SCART		مواصفات ASTRA من أجل السطح البيني للوصلة SCART نوع D:	
رقم اللمس	الوظيفة	رقم اللمس	الوظيفة
1	خرج الصوت اليميني	1	دخل صوت يساري معاد
2	دخل الصوت اليميني المعاد	2	دخل فيديو PAL معاد
3	خرج الصوت اليساري	3	مفتاح إشارة الفيديو
4	أرضي الصوت	4	خرج إشارة المحطة الأرضية
5	احتياطي	5	خرج فيديو PAL معلق Clamped
6	دخل الصوت اليساري المعاد	6	دخل يميني صوتي معاد
7	مفتاح صوت/فيديو	7	مفتاح إشارة صوت
8	احتياطي	8	أرضي
9-16	تأريض خرج الفيديو	9	احتياطي
17	تأريض دخل الفيديو	10	احتياطي
18	تأريض دخل الفيديو	11	أرضي
19	خرج إشارة المحطة الأرضية	12	خرج صوت يساري
20	دخل إشارة الفيديو PAL المعادة	13	خرج صوت يساري
21	أرضي مشترك	14	احتياطي
		15	احتياطي

كابلات حسب الطلب

رافق استعمال محركات الدفع والتحكم بالاستقطاب في أنظمة الاستقبال الفضائية المنزلية، ضرورة وجود كابلات متنوعة تصل إلى موقع الهوائي. ويوجد في معظم الأنظمة في أمريكا الشمالية والجنوبية مستقطب ومحرك دفع وكتلة LNB وبذلك فإنه يجب تمرير 7 أو 8 أسلاك مع خط النقل المحوري. وتجدر الإشارة إلى ضرورة حجب أسلاك المستقطب وأسلاك عداد المخدم وفصلها عن بعضها. كان هذا دافعاً لتطوير كابل عام يضم جميع النواقل الضرورية ضمن غلاف بلاستيكي PVC وتختلف جودة هذا المنتج من مُصنع لأخر.

مثلاً، كابلات Echo المصنعة من قبل شركة Echosphere، تشمل أربعة خطوط نقل محورية RG-6 مصبوبة جميعها في قالب ذو محور واحد. وهذه الخطوط يمكن أن تلتف حول محورها ليصبح ممكناً مرورها من ثقب بقطر 19مم أو أكبر. ولكن تظهر الميزة الرئيسية لهذه الكابلات لدى استعمالها داخل المنازل، حيث يمكن تمريرها بمحاذاة "الوزرة" أو الفراغات التي لا تسمح بمرور خطوط نقل بقطر أكبر. من المهم عند شراء الكابلات، معرفة الحجوم المختلفة للنواقل فيها، وهل هي محجبة أم لا، وما هي نسبة الجدل المطبقة على الناقل المحوري وهل يحتوي الناقل المحوري على ناقل مركزي نصف-قاسي. ينبغي الرجوع إلى تعليمات مصنعي محركات الدفع لمعرفة قطر خط النقل الواجب استعماله في تطبيق يتطلب طولاً من الخط وذلك للتأكد من كفاءة الكابل للاستخدام في هذا التطبيق. وغالباً ما تستعمل كابلات قياسية من نوع direct burial UF لتمرير الجهود 117 أو 220 فولت متناوب وهي المستعملة في الإضاءة الخارجية. وتعتبر هذه الكابلات من أفضل الخيارات لتأمين التغذية لمحرك الدفع.

كتامة الوصلة Cable/Connector Sealing

يجب حماية الوصلات Cable /connector من عاملين هامين من العوامل المحيطية، هما الرطوبة والأملاح أو الصدأ الكيميائي. ولكي تحقق كتامة فعلية للوصلة، ينبغي لمواد الكتامة أن تلتصق بشكل نظيف مع الغلاف البلاستيكي PVC ومع السطح المعدني للناقل. وقبل تنفيذ الكتامة يجب التأكد من أن الوصلة والناقل خاليين من الزيوت العالقة في الأصابع أو solder splashes. ويمكن استخدام محلات خفيفة مثل الكحول أو الفريون freon لتنظيف الناقل والوصلة بصورة نهائية قبل تطبيق الكتامة. إن مركبات الكتامة مثل Coax-seal™ و Scotch Kote™ وأيضاً duct seal تعتبر جميعها جيدة إذا استخدمت بشكل سليم. هناك مستحضرات متنوعة ذائعة الشهرة من مركبات الكتامة الشفافة RTV ومعروفة أيضاً بالتسمية bathtub caulkig لا ينصح باستخدامها لأسباب عديدة، إذ تحتاج لبعض الوقت لتأخذ قوامها الصلب، ولا تلتصق جيداً بمادة PVC البلاستيكية لكونها عالية الحموضة ويسبب ذلك أحياناً صدأ الوصلة. غير أن مركبات RTV ليست جميعها متشابهة. و RTV هي الأحرف الأولى من "تصليد المطاط بالكبريت في حرارة عادية Room Temperature Vulcanizing ". وهناك تشكيلة واسعة منها لاستخدامات متنوعة تندرج تحت هذه التسمية. وهناك منتج من شركة Dowcorning ذو رقم 3145، وهو مادة رمادية أكثر مرونة من المنتجات الشفافة ويلتصق مع خطوط النقل المحورية بشكل جيد ويصبح صلباً بوجود هواء رطب خلال ساعتين.

كذلك، تنتج شركة General Electric Corporation (GEC) مجموعة تشبه مركبات RTV من المطاط السيلوكوني ويدعى المنتج RTV-108 وهو مصمم للاستخدام مع الكابلات التلفزيونية، حيث توجد وصلات خزفية وأخرى تحت الأرض، ويتمتع هذا المركب بمزايا ربط عالية مقارنة بأنواع أخرى من مركبات الكتامة RTV وخاصة لدى استخدامه على الأغطية المطاطية PVC لخطوط النقل المحورية. إنه يقاوم تغيرات حرارية من 70- وحتى 400F° درجة فهرنهايت (65- إلى 204C°) دون انصهار أو تقصف.

هناك منتج آخر لشركة GEC وهو G-635؛ عبارة عن مركب عازل يحافظ على قوام متماسك عند تعرضه لظروف محيطية قاسية جداً ويمكن استخدامه مع لوالب الوصلات للتشحيم وذلك لمنع تبدل الحجوم الناتج عن التفاعلات الكيميائية بين المعادن الغير متجانسة إضافة إلى أنه يحمي الوصلة الخارجية من تسرب الرطوبة والصدأ الكيميائي الملحي والأمطار الحامضية ..إلخ. إن المركب G-635 يمكن استخدامه أيضاً مع الطوق الذي يضم المستقطب مع كتلة LNB لمنعها من الجفاف والتقصف من خلال طلائها بطبقة حماية رقيقة .

وقبل تطبيق أي من مركبات الكتامة، من المهم التأكد من جاهزية النظام واختباره ،فمن الأسهل فصل الوصلات دون مركبات الكتامة .إن أفضل طريقة لجعل وصلة خط النقل المحوري كتيمة ،هي بتغليف نهاية الناقل بشريط لاصق. ولا حاجة لتكتيم الكتلة LNB إلا إذا كانت التعليمات تنص على ذلك من قبل المصنع. وهذا صحيحاً لدى استخدام الوصلات N لأنه يكفي فقط عزل مداخل خطوط النقل. إذا كان ضرورياً فصل الوصلة مستقبلاً فينبغي تشريح الشريط ومن ثم تقشيره وعندها يمكن إزالة مادة الكتامة كقطعة واحدة وترك الوصلة مع 25 إلى 50 مم (1 إلى 2 بوصة)من الناقل نظيفاً إذ إنه من الأسهل العمل بوصلة نظيفة من أخرى مغطاة بمادة RTV.

اختبار خطوط النقل Checking Cables

لجميع خطوط النقل المحورية مقاومة لانهائية بين الناقل المركزي وشبكة التحجيب، فإذا دخلت الرطوبة بينهما تضعف هذه المقاومة حتى إذا هبطت إلى قيمة كافية، يبدأ جهد التغذية بالانهيار.

يمكن فحص خطوط النقل باستخدام مقياس فولت أوم مثل VTVM,VOM أو DVM موضوع على تدريجة المقاومة الأعلى. فإذا وجد تيار سحب مهما كان ضعيفاً، فذلك يعني أن الناقل إما رطباً أو أن هناك قصراً في نقطة ما بين التحجيب والناقل المركزي. وأغلب الحالات تحدث عند الوصلة أو في نقاط الانحناء أو الإجهاد. إذا كانت المقاومة 2KΩ أو تزيد، فإن احتمال دخول الماء هو السبب ويمكن تحويله إلى بخار بتسخين خط النقل المحوري والوصلة بواسطة تقنية تسخين أو حتى بمجفف الشعر العادي. أثناء عملية التسخين يجب التأكد من استمرارية حركة المنبع الحراري لأن المادة المطاطية PVC يمكن أن تتميع إذا استمرت الحرارة متمركزة على منطقة واحدة لفترة طويلة. والوصلة مع الناقل تصل إلى حرارة عالية بعد خمس دقائق أو أكثر من استمرار تسليط الحرارة وهي الفترة اللازمة لتبخير الماء. أثناء هذه العملية، تهبط قراءة المقاومة خلال الدقائق الأولى من تطبيق الحرارة ومن ثم تعود لترتفع مع ازدياد تبخر الماء. لدى وصول المقاومة إلى اللانهاية، يجب أن يترك الناقل ليبرد قبل إعادة تثبيته وختمه من جديد.

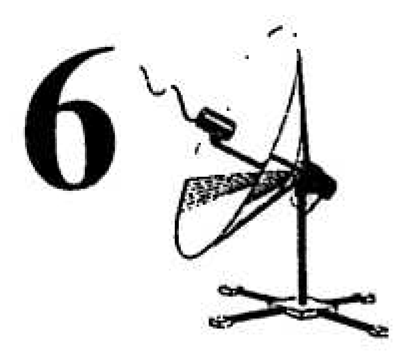
اختبار أسلاك المستقطب

لفحص أسلاك المستقطب، يجب إدارة المستقبل وفك هذا العنصر ومن ثم قياس المقاومة بين السلك الأحمر (الجهد الموجب) والإبيض (إشارة التحكم) والأسود (الأرضي) للمستقطب. إن القراءة على المقياس DMM بين السلك الأحمر و الأسود يجب أن تكون لانهائية. وإذا وجدت مكثفة سعوية بين أسلاك المستقطب المجدولة فيجب فصل هذه الأسلاك قبل أخذ القراءة. وينبغي أن تكون المقاومة بين السلك الأبيض والأرضي بحدود 20KΩ.

وصل الخطوط المحورية وملاءمتها

إن جميع أنواع الربط بين خطوط النقل المحورية يجب أن تتم بوجود وصلات خاصة تدعى بالروابط أو الملائمات أنثى_أنثى. فمن أجل خطوط نقل 50-Ω منتهية بوصلات N يستخدم الملائم انثى-انثى UG-29، وإذا استخدمت الوصلة BNC فإن الملائم أنثى-أنثى أيضاً يدعى بالوصلة UG-643 أو UG-914. ومن أجل خط نقل 75 أوم، يستخدم الوصلة F- فإن الرابط يعرف بالتسمية F-81. ومن أجل النواقل التي تعتمد الوصلات UHF أو PL-259 فإن الرابط PL-258 هو ما يجب استخدامه.

إن إجراء وصلة بين أسلاك التيار المستمر هي عملية سهلة التنفيذ وتتطلب استخدام "أرومة" مناسبة لقطر السلك. ويجب الانتباه إلى أن جميع الوصلات ينبغي حمايتها من الماء باستخدام الشريط العازل واللاصق.



6

التحكم بالهوائي

إن نظـام التحكـم بـالهوائي Antenna Positioning System (APS) كان في البداية يتألف من جزأين: محرك الدفع وعنصر التحكـم controller. ويتوضـع محـرك الدفـع أو المخدم actuator بين القاعدة وقرص الهوائي. وهو الذي يحرك القرص عملياً. وغالبـاً، مـا يتوضـع عنصـر التحكـم بـالمحرك داخل المستقبل أو ضمن وحدة متكاملة، المستقبل/فاك الـترميز IRD (Integrated Receiver/Decoder)، وهي المسؤولة عن تزويد المحرك بالطاقة لتحريك قرص الهوائي بين الأقمار الفضائية.

وفي نظام التحكم، لا بد من وجود حلقة تغذيـة عكسـية لتسـمح لعنصر التحكـم بضبـط موقـع القـرص بشـكل آلي وتكراري عند موقـع القمـر الفضـائي المراد التقاطه. وغالبـاً، توجد مؤشرات للحركة قابلة للمعاينـة البصريـة ومتكاملـة مـع النظام وهذه تشـمل سلسـلة مـن ديـودات LEDS أو مظهـرات فلورسانت أو شاشة إظهـار رقميـة أو مقيـاس تشـابهي. هنـاك حاجة لتطبيق العديد من مبادئ التصميـم قبـل أن يصبـح نظـام التحكم "ناعم الاستخدام". هـذا المبدأ معروف بين المهنيين بتسمية " drool proof" ويعني بأن المستثمر يقوم بأقل جهد ممكن لتشغيل النظام.

إن وجود بطاريـة مشـحونة هـو أمـر هـام، إذ أن ضعـف التغذية يؤدي إلى فقدان معلومـات التحكـم بـالهوائي. وينصـح بأن يكون موقع القمر الفضائي معيناً من خلال قائمـة لاختيـار القمر بسهولة. وهناك تصاميم كثيرة حديثة تظهر على الشاشـة مواقع الأقمار الفضائية على شكل بياني.

إن سهولة البرمجة هي ميزة أخرى معتبرة في التصميم فـإذا كانت وحدة التحكم قابلة للبرمجة بسهولة فإن المستثمر يستطيع إدخال مواقع الأقمـار الفضائيـة الجديـدة بسـهولة ويسـر وهـذا يلغي الحاجة للاتصال بمراكز تختص بالقيـام بهـذه الخدمـة. وفي أسوأ الحالات، حين تفقـد جميـع المعلومـات المبرمجـة، ينبغـي أن يكون المستثمر قادراً على برمجة التحكـم بالاعتمـاد علـى دليـل قائمة الأقمار الفضائية لا غير.

عناصر التحكم الخطية Linear Actuators

إن عنصـر التحكـم الخطـي كـان الأكـثر اسـتخداماً في التحكم بمواقـع الهوائيـات في أنظمـة TVRO. وهـو يتـألف مـن محرك وآلية نقل حركة ووصلة انـزلاق يقودهـا برغـي ذو رأس كروي متناظر. ويبين الشكل 6-1 مكونات مخدم كـرة. يثبـت المحرك عموماً على محور. وتثبت إحدى نهـايتي عنصـر التحكـم على قرص الهوائي بواسطة برغي. وتتوضع الوصلـةعلى إحـدى نهايتي الهوائي بحسب الموقع الجغرافي لنظام القمر الفضائي، وبمـا أن غالبية الأقمار توجد في الجـانب الغربـي مـن السـماء لذلـك تثبت الوصلة إلى اليمين خلف الهوائي وذلك حين النظر إليه من الـوراء والعكـس بـالعكس.وبمـا أن عنصـر التحكـم الخطـي مكشوف فيجب استعمال غطاء للحماية مـن الظـروف الجويـة والتآكل الناتج عن الماء والأوساخ المتجمعة على محوره. وعلـى الرغم من وجـود حلقـة محكمـة بين المحاور الثابتـة والمتحركـة فينصح بحماية إضافية وتصبح هذه ضروريـة أكـثر حـين يعمـل النظام في مناطق باردة ومعرضة للتجمد في الشتاء .



شكل 6-1 مكونات عنصر تحكم مع برغي كروي.

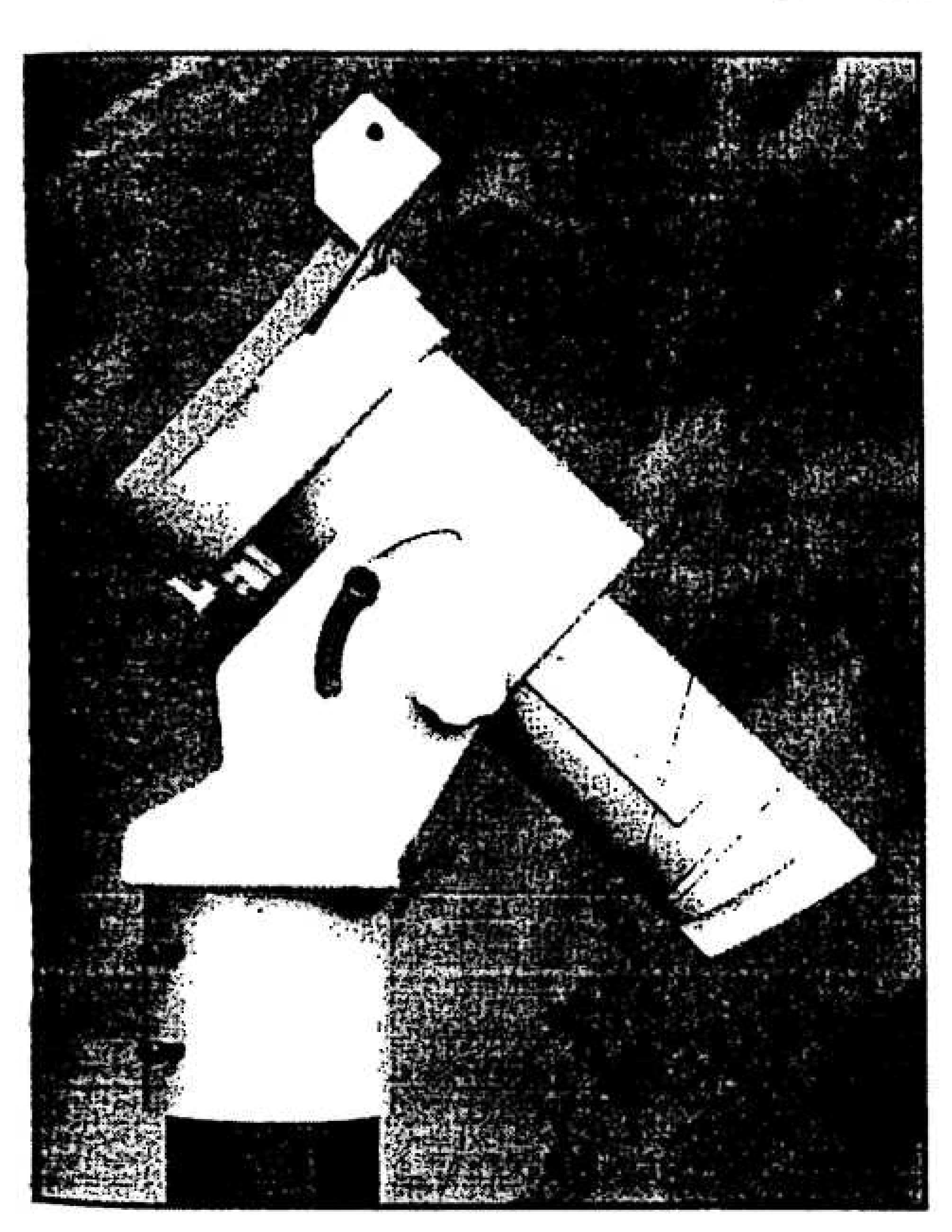
رقم متسلسل	وصف
1	محرك تيار مستمر
2	تبديل سرعة حلزوني
3	مبدل سرعة حلزوني
4	ثقب (الدخول للسلك)
5	لوحة سلاك(لوصل التيار المستمر للمحرك)
6	ترس صغير
7	مقاومة متغيرة(10 دورات- 10K:1)
8	مبدل سرعة (حساس موقع)
9	علبة (خليطة التوتياء)
10	طوق
11	مخرج مبدل سرعة
12	قابض انزلاقي (دبرياج)
13	برغي تثبيت
14	مكبح تكاملي
15	غطاء (لمنع الماء)
16	تثبيت مرتكز دوران افقي
17	برغي كروي
18	عزقة (فولاذية)
19	انبوب خارجي (مطلي بالكروم)
20	كتامة من الماء والغبار(مضاعف- قطعتين)
21	انبوب داخلي (مطلي بالكروم)
22	ثقب رسي مع سطح ارتكاز
23	محدد سحب
24	عزقة (برونز)
25	برغي قمة
26	برغي نهاية الانحدار

أنواع أخرى للمخدمات

هناك نوعين آخرين من المخدمات المستعملة: الأول من الأفق-للأفق (مبدل سرعة مباشر أو دفع بالسلسلة)، والثاني دافع للزاوية سمت-رفع (az-el) وهذا الأخير نادرالاستعمال إلا في الأنظمة المصممة لالتقاط القمر الروسي Molniya والأقمار غير المتزامنة في المدار non-geosynchronous.

تستخدم المخدمات ذات الدفع بالسلسلة chain or belt-driven من الأفق-للأفق نفس نوع المحرك كما هو الحال في مبدل السرعة المباشر. وكلاهما مرتبطين مباشرة بالتثبيت القطبي. ويوجد في القديم منها ترس مسنن يسحب سلسلة مثبتة إلى الطرف الشرقي والطرف الغربي من قرص الهوائي. وتأتي تسمية من الأفق-للأفق من إمكانية هذه الأنظمة بتحريك الهوائي بزاوية 180 درجة تقريباً (انظر الشكل 6-3).

تعتمد أنظمة التحكم az-el على الحركة وفق محورين للتوجه نحو القمر المراد التقاطه. ويوجد محركين لتنفيذ هذه المهمة. إن هذا النوع من المخدمات ذو دقة عالية، ولكن كلفته عالية، لأنه يحتاج إلى محركي تحكم وعنصرين مناسبين لهما. وغالباً ما يستخدم معالج صغري microprocessor للتحكم بالحركة.



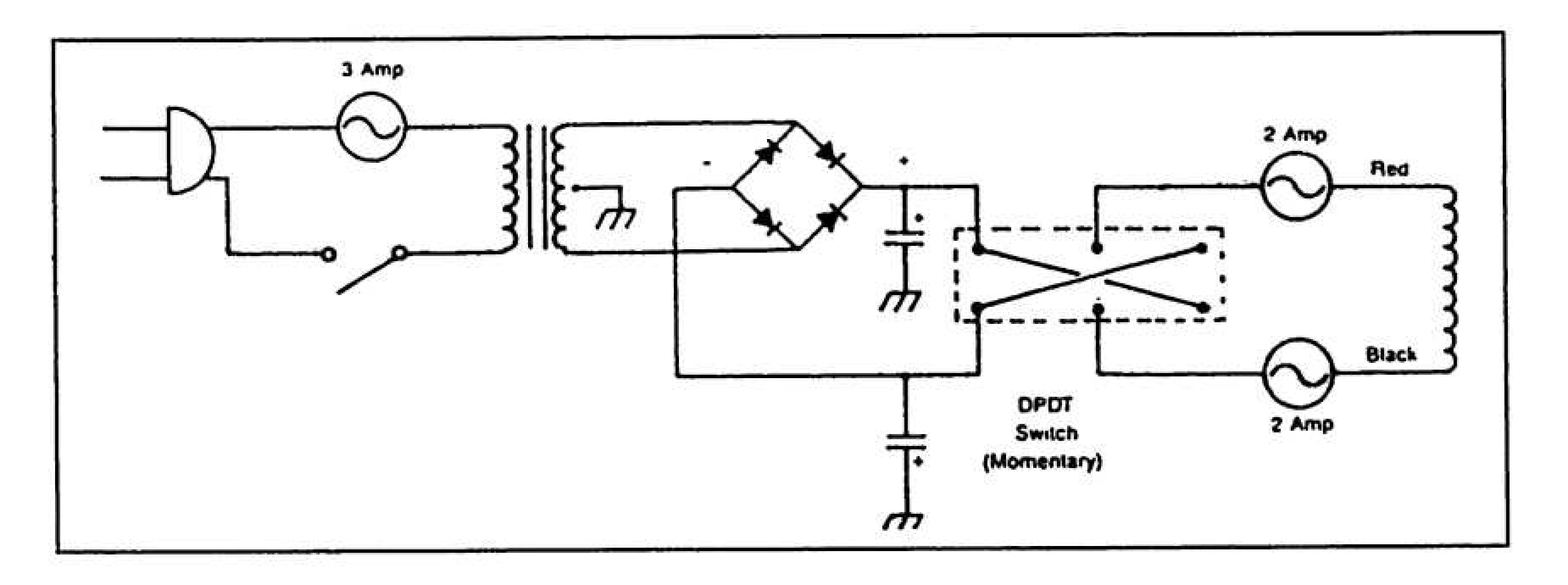
شكل 6-2 نظام تحكم polarmotor™ من الأفق-للأفق. تم تصميم هذا النظام لضبط المحرق وملاحقة كامل القوس الممتد على 180° درجة خلال 50 ثانية بدقة 0.2° وبمعدل 5 تدريجات مع كل دوران بمقدار درجة واحدة. ويستعمل مرمز ضوئي متلائم مع مفتاح مغناطيسي Reed switch أو دارة تأثير مغناطيسية Hall effect.

عناصر التحكم بمحرك الموقع الرئيسية

كانت مخدمات ضبط موقع الهوائي في البداية بسيطة ويعمل معظمها بواسطة جهد مستمر عن طريق مفتاح DPDT مربوط تسلسلياً مع أسلاك المحرك. وكانت معظم التصاميم لا تحتوي على تغذية عكسية إلكترونية أو ميكانيكية، بل مفاتيح تحديد، وحتى أن بعضها لا تحتوي على ذلك.

وفي الأنظمة البدائية، يحرص المستثمر على عدم ملامسة قرص الهوائي للأرض أو أي جسم آخر وعليه التوقف قبل أن يصل المخدم إلى نهاية مداه. وكان تحديد موقع القمر الفضائي هو مسألة ترتبط باختيار القنال الصحيحة على المستقبل ودفع مفتاح التشغيل لقيادة التحكم بالمحرك. ولدى ظهور الصورة على الشاشة يتم التحكم بالتغذية حتى الحصول على أفضل صورة.

يبين الشكل 6-3 توضيحاً لنظام ضبط بسيط للموقع. وكل ما يحتاج إليه هو محول لتوليد تيار وجهد مناسبين لمحرك معين. وعادةً يكون التيار من 3 إلى 6 أمبير عند جهد 12، 24، 36 أو 90 فولت مستمر. يوجد جسر تقويم لتأمين الجهد الموجب والسالب ومفتاح DPDT مربوط على شكل X.



شكل 6-3 مخطط دارة لفحص نظام تحكم من اجل اختيار محرك القيادة.

يطبق المفتاح أحد القطبين للجهد المستمر على المحرك. فالجهد الموجب يصل إلى السلك الأحمر ويحرك الذراع بعيداً إلى الخارج. أما الجهد السالب الذي يطبق على السلك الأحمر أيضاً، فيحركه قريباً إلى الداخل. وبما أنه لا توجد تغذية عكسية، فيجب الحذر عند استعمال هذا النظام خصوصاً عندما لا يكون قرص الهوائي ضمن حقل الرؤيا للمستثمر. هذه الدارة البسيطة أثبتت فاعليتها لأنها تؤمن فحص المحرك بإعطاء أمر تحريك أو لا تحريك. وإذا كان محول الثانوي يحوي مخارج لجهود متعددة وباستعمال مفتاح ذو أربع نقاط يمكن عندئذ اختبار معظم المحركات بدارة فحص واحدة. ولكن يجب الانتباه إلى أن تطبيق جهد أعلى من جهد تشغيل المحرك يمكن أن يلحق الضرر به أو بمسنناته الداخلية.

دارات التغذية العكسية

هناك أربع أنواع من التغذية العكسية المستعملة في أنظمة ضبط الموقع للهوائيات. وجميعها متوضعة ضمن المحرك وتكشف موقع الهوائي لتأمين المعلومات الضرورية لتحديد مكانه.

إن أحد أبسط أنظمة التغذية العكسية والذي لا يزال معتمداً، هو باستخدام مقاومة متغيرة موصولة مباشرةً إلى مسننات القيادة حيث تعمل كمقسم جهد. وتكون التغذية العكسية عبارة عن تغير مستمر في الجهد المطبق على المحرك أثناء دورانه.

يتم ضبط موقع القمر الفضائي بمقاومة متغيرة أخرى مرجعية تؤمن الجهد اللازم. وبوجود دارة مقارنة يمكن الدلالة على تساوي الجهدين. وعلى الرغم من عدم نضوج هذه الطريقة، غير أنها تعمل. ولكن من الطبيعي أن تنشأ المتاعب مع تبدلات حرارة الطقس. وللحصول على نتائج مثالية، يتطلب الأمر بعض التعديلات لتعويض التبدلات الطارئة.

تعتمد الأنواع الأخرى للتغذية العكسية على أنظمة النبضات لتحديد موقع المحرك. وإحدى الطرق تستخدم

مفتاحاً مغناطيسياً مزود بمغناطيس أو أكثر مثبت على صفيحة دائرية تدور مع المحرك. ويتوضع المفتاح بجوار الصفيحة وهو في حالة فتح حتى مرور المغناطيس؛ حيث يُغلق وبهذه الطريقة تتولد نبضة من أجل كل قطعة مغناطيسية في كل دورة. يوجد عموماً أربع عناصر مغناطيسية على الصفيحة وبذلك ترسل أربع نبضات مع كل دورة محرك.

يستخدم النوع الثالث من أنظمة التغذية العكسية ظاهرة معروفة باسم تأثير Hall . وحساس تأثير Hall هو دارة من الجسم الصلب solid state تكشف وجود حقل مغناطيسي. وهو مماثل للمفتاح المغناطيسي ويقاد بنفس الطريقة. تتطلب الدارة جهداً من أجل تشغيلها ويوجد ثلاثة أسلاك: +5 فولت مستمر. خرج المفتاح والأرضي. بينما هناك سلكين في حال المفتاح المغناطيسي.

النوع الأخير من التغذية العكسية المستخدمة لتحديد الموقع هو التغذية العكسية الضوئية. وهناك طريقتان، تعتمد الأولى على منبع ضوئي وكاشف متقطع بغطاء دوار. وتعمل الثانية بمبدأ استخدام الضوء على صفيحة زجاجية لقيادة الكاشف. ويمكن استخدام الصفيحة الزجاجية بطريقتين: الأولى تحتوي على أقسام شفافة ومعتمة مطبوعة على صفيحة دوارة تسمح للنبضات الضوئية بصدم الكاشف وبذلك تعمل دارة التغذية العكسية. أما الثانية فهي عبارة عن صفيحة زجاجية على هيئة مرآة عنيها خطوط سوداء أو معتمة بحيث تعكس المرآة ضوء المنبع على الكاشف وتولد النبضة. وهذه بحاجة لجهد تغذية لتشغيل المنبع الضوئي (LED) وتزويد الكاشف والترانزستور الضوئي بالجهد اللازم.

إن جميع هذه الطرق لعد النبضات تتأثر بالضجيج المفاجئ المتولد عن البرق والمحركات مثل حصادة العشب أو المثاقب (بما في ذلك محرك الدفع ذاته) والكهرباء الساكنة وكذلك تغيرات الجهد المفاجئ وحتى إشارات الإرسال الراديوية. وجميعها تؤدي إلى إشارة كاذبة يتم كشفها بواسطة نظام التحكم واعتبارها نبضات حقيقية. والنتيجة هي فقدان الموقع الصحيح للهوائي. لذلك ينبغي استخدام خط نقل محجب لأسلاك الحساس. إن الأنظمة التي يتم تفعيلها بالضوء أقل تأثراً بنبضات الضجيج مقارنةً بحساسات تأثير Hall أو حساسات المفاتيح المغناطيسية. ولكن المفتاح الذي يعتمد تأثير Hall هو أشد تأثراً ويمكن إعطابه بسهولة نتيجة البرق أو تفريغ الشحنات الساكنة. ولذلك فالأهمية مضاعفة لتحجيب خطوط النقل وتأريض قرص الهوائي في حال اعتماد حساس من هذه النوعية.

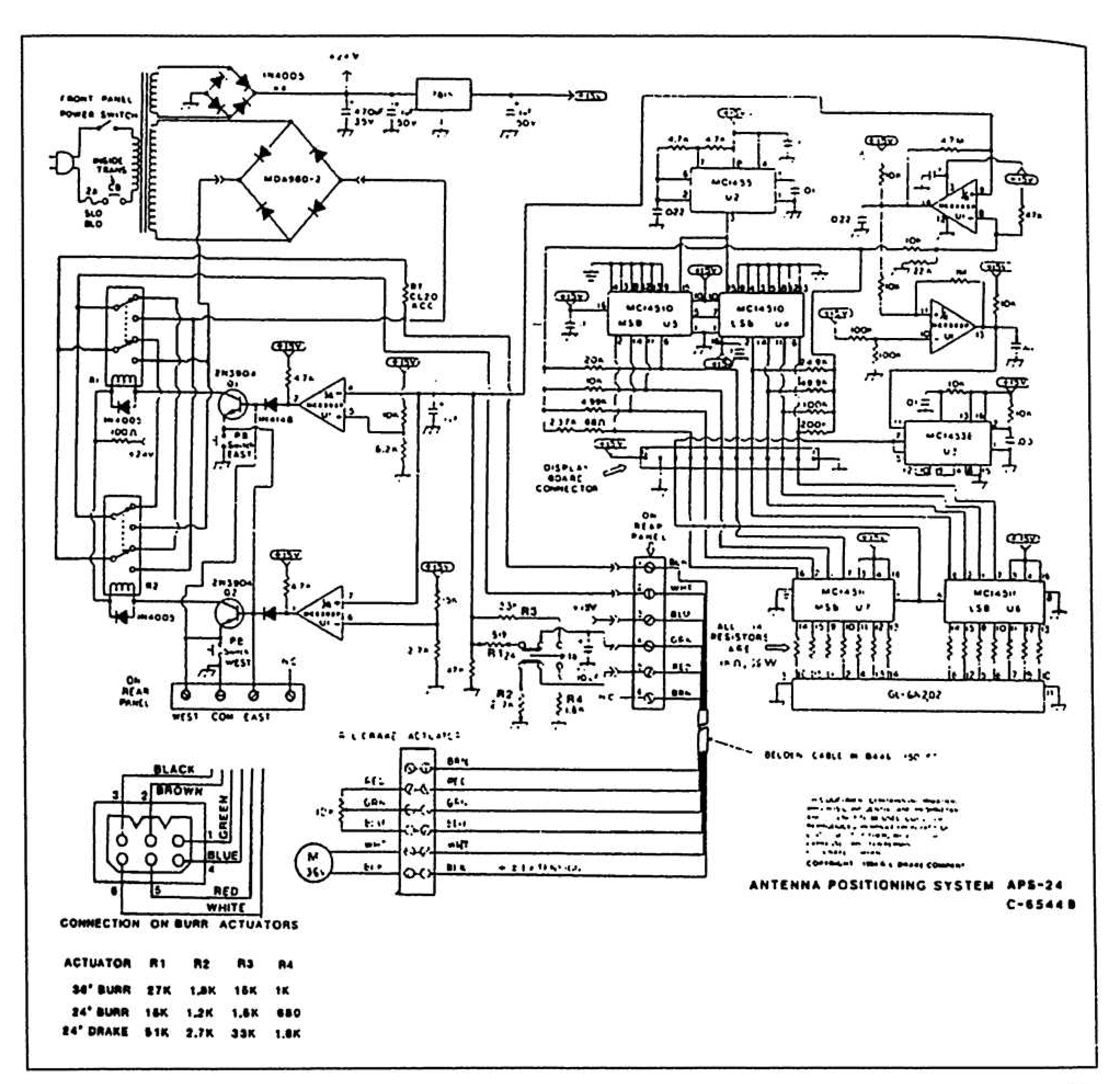
نقاط حدود نهاية المدى

في أنظمة تحديد الموقع، من المهم جداً توفر إمكانية لكشف فيما إذا كان أحد أسلاك السطح البيني في حالة فتح أو قصر. وإذا كان الوضع كذلك والتغذية العكسية لا تتغير أثناء حركة الهوائي فإن عنصر التحكم يمكن أن يكون في نهاية مداه ويعطب. أو أن يصطدم قرص الهوائي بالأرض أو بأي جسم آخر.

ولحماية عنصر التحكم من التعطل عند إحدى نهايتي المدى، يجب توفر مفتاح أو دارة لفصل الجهد عن المحرك قبل حدوث العطب. ويلزم لذلك مفتاحين، الأول يحدد النهاية العليا والآخر لتحديد النهاية الدنيا، بحيث يكون المفتاح الأول في حالة فصل لدى وصول المحرك إلى مداه الأعظمي ويفصل المفتاح الآخر لدى عودة المحرك ومروره بأدنى مسار له وبذلك يتوقف المحرك عن الدوران في الحالتين.

هناك طريقة أخرى لتحديد النهاية العليا والسفلى، وذلك باستخدام تغذية عكسية من مقاومة متغيرة ذات عشر دورات. وهذا النوع من الحماية بتحديد النهايات ينجز بواسطة مقاومتين متغيرتين يولدان جهدين متناسبين مع النهايتين. والجهدان يغذيان دارتين للمقارنة. عندما تصل التغذية العكسية إلى أحد مستويات الجهد، فإن خرج المقارن ينتقل إلى حالة فعالة (مثلاً high) وهذا التبدل في الحالة يتبعه فصل عنصر SCR (silicon controlled rectifier)، أو أي مفتاح للتيار العالي يتحكم بالجهد الواصل إلى المحرك. وإذا كانت النهايات الحدية غير صحيحة، فإن المحرك يقود عنصر التحكم بالموقع إلى ما بعد أو إلى ما قبل النهاية المطلوبة مما يسبب الأعطال.

في الشكل 6-4 تُعطى دراة تعتبر مثالاً على التحكم الذي يعتمد التغذية العكسية لضبط الموقع بواسطة دارة مقارن. إنه تحكم بسيط، مؤلف من زرين للدفع يقودان الهوائي شرقاً أو غرباً. وداخل المتحكم توجد حاكمتان على شكل مفتاح DPDT . واحدة منهما فقط يمكن تفعيلها وإلا فسينجم تخريب لأحد العناصر. فإذا كانت الحاكمتان في وضع "ON" فإن الجهدين الموجب والسالب لجسر التقويم سوف يصلان بآن واحد ويؤدي ذلك إلى قصرهما معاً وسوف ينصهر الفيوز حالاً. إن المقاومة المتغيرة 10kΩ، ذات الأسلاك الثلاثة، تؤمن الجهد اللازم للتغذية العكسية. ويطبق الجهد+15فولت من المقاومة المتغيرة على إحدى النهايات. في حين يوصل الخط السفلي والأوسط إلى مقسم الجهد. وللاختيار بين نوعي المخدمات 18 بوصة و24 بوصة، يتطلب الأمر وضع المفتاح على الوضع المناسب حيث يحدد هذا المفتاح القيم المستعملة في مقسم الجهد. فإذا لم يكن المفتاح في الوضع الصحيح، فإن ذلك يؤدي إلى حدوث أعطال في المخدم (مثلاً،إذا وضع على قيمة 24 بوصة وكان الوضع الصحيح هو 18 بوصة) أو لا يصل إلى المدى المطلوب (إذا كان مخصصا لمدى 24 بوصة وتم اختيار وضع 18 بوصة).



شكل6-4 نظام التحكم بالموقع لهوائي يعمل بحاكمة. هذا النظام يعمل بمقارنين 3302 لتحديد النهايات الحديّة للمخدم. ولتجنب الأضرار التي تصيب المخدم، يجب أن يكون المفتاح في الوضعية الصحيحة.

يرسل جهد التقسيم بعد ذلك إلى دارتين متكاملتين لمضخم عملياتي ثنائي MC3302 تعملان كمقارنين. أحد المدخلين يحدد جهد نهاية المدى، وهذا يمنع المخدم من أن يتجاوز نهايات الأنبوب إذا استخدم المخدم الصحيح. وهناك عدة مقاومات ينبغي تبديلها لملاءمة المخدمات المتنوعة المرافقة لنظام التحكم. وإذا استبدل المخدم، فيجب التأكد من أن قيم المقاومات تحقق نقاط النهاية.

يستخدم المقارنين الآخرين لمقارنة جهد التغذية العكسية للموقع مع مرمز BCD. وهذا بدوره يقود الإظهار الذي يزداد أو يتناقص حسب حالة الجهد التي تمت مقارنتها عندما يكون أعلى أو أخفض من جهد المرمز BCD. يوجد في الدارة العديد من الدارات المتكاملة (ICs) الموضوعة في الملحق (٨) وتتضمن: الدارة المتكاملة 4511 وهي عبارة عن محول من BCD إلى 7 segment مع ماسك Latch، فاك ترميز decoder، دارة قيادة driver وكذلك الدارة 4510 وهي عداد BCD صاعد /هابط وأيضاً الدارة 4538 التي تعمل كهزاز وحيد الاستقرار monostable لقيادة دارات المقارنة 3302 والدارة المتكاملة 4511.

الأعطال في أنظمة تحديد الموقع للهوائيات (APS)

إذا استخدم نظام تحكم بسيط، مثل النظام المبين في الشكل 6-3 لقيادة المخدم بصورة مباشرة فإنه من اليسير تحديد فيما إذا كان العنصر المعطوب هو المخدم أو عنصر التحكم. في حال كون المخدم يعمل بصورة طبيعية، فإن المشكلة تنحصر في خطوط النقل أو عنصر التحكم أو حتى دارة التغذية العكسية. إذا كان المخدم لا يعمل، فإن مفاتيح النهاية الداخلية قد تكون مفتوحة وإذا كان الفيوز منصهر، فإن المحرك يكون مقصوراً أو خط النقل مقصوراً أو أنبوب المخدم مقيداً .

هناك العديد من المخدمات المتداولة في الأسواق الأوربية تستخدم أقراص مسننات بلاستيكية. وغالباً ما تكون مسنناتها مقروضة نتيجة تعرضها لضغط زائد وبالتالي فإن المخدم يعمل بشكل طبيعي ولكن مع وجود خطأ عند العودة لمواقع الأقمار الفضائية. وفيما يلي نبين بعض الأعطال الشائعة والأسباب التي تؤدي إلى حدوثها.

انصهار الفيوز في عنصر التحكم:

1. تعرض المحرك لحمل زائد. يفحص وجود عائق يقيد المسار مثل قطعة من الثلج أو الجليد أو نقص أحد قطع المحرك.
2. الأنبوب الداخلي بحاجة إلى إعادة تشحيم، المسار مقيد وهناك سحب زائد للتيار.

يوجد قصر داخلي في دارة التحكم، إذا انصهر الفيوز مع خطوط النقل يكون عنصر التحكم عاطلاً. يفحص المحول، جسر التقويم، مكثف الترشيح وعناصر SCRs .

قراءة موقع القمر الفضائي غير صحيحة:

1. العبث في الهوائي. أحياناً يمكن أن ينزلق المخدم في المشبك الذي يربطه مع محور التثبيت وهذا يؤدي إلى إزاحة جميع الأقمار الفضائية عن مواقعها.
2. وجود خطأ في التغذية العكسية لتحديد الموقع. تفحص المقاومة المتغيرة (للتأكد من موافقتها للنوع المستخدم)، تفحص أيضاً مجموعة الدوران المغناطيسية في محرك الدفع للتأكد صحة دورانها مع المحرك (في حال استخدام المفتاح المغناطيسي أو تأثير Hall)، تفحص أيضاً أسلاك التوصيل للتغذية العكسية.
3. استعمال أسلاك غير محجبة في خطوط التغذية العكسية وهذا ما يسمح لنبضات كاذبة بقدح دارة العداد. تستبدل بأسلاك محجبة مع الانتباه إلى تأريض التحجيب مع قاعدة المحرك.
4. تغيرات في نهاية المدى. إذا كان العد يبدأ من حدود النهاية وكان المفتاح ميكانيكي، فيمكن أن ينزاح هذا المفتاح عن موضعه عند الوصول إلى نهاية المطاف.
5. إذا وجدت ذاكرة في الدارة، تفحص بطارية التخزين.

إذا كان المحرك عديم الحركة:

1. إذا توقف المحرك عن الحركة فجأة بعد بضعة دقائق. فذلك قد يكون سببه حمل زائد على كامل المحول الموجود في التحكم. وعادةً يقنع المحرك بعد 15 دقيقة وذلك بعد أن يعود المحرك لحرارته الطبيعية.
2. فتح في أحد مفاتيح تحديد النهايات. وذلك بسبب رداءة المفتاح أو قطع في أحد الأسلاك.
3. فصل أحد أسلاك المحرك.
4. نظام التحكم مغلق لكون أحد الأسلاك مقصور او مفتوحاً. هناك ما يشير إلى ذلك بقراءة أو إضاءة لمبة بيان على وحدة التحكم.
5. نظام التحكم هو في نمط القفل المتعمد.

يدور المحرك في اتجاه واحد ولا يدور في الاتجاه الآخر:

1. وضع النهايات غير صحيح.
2. عطل في التحكم. وذلك بسبب فتح إحدى دارات الحاكمات أو القيادة أو بسبب عطل في المعالج الصغري أو دارات السطح البيني interface.

المحرك بطيء:

1. إذا كان البطء في اتجاه عودة المحرك، فقد يكون السبب وجود قطعة من الجليد أو الأوساخ أو جسم غريب في المسار. ينظف مسار المحرك ويستعمل غطاءٌ ملائمٌ لتجنب حدوث ذلك مستقبلاً.
2. قطر السلك صغير جداً بالمقارنة مع طوله. إن قياس التحكم عند قرص الهوائي يحل المسألة فإذا وُجد هبوط في الجهد فيجب استبدال السلك بآخر ذو قطر أكبر.
3. إذا كان التباطؤ يحدث عند نهاية المسار فقط. يجب فحص زاوية الدوران فقد تكون واسعة جداً.

لا يلتقط الهوائي مسار قمر فضائي بأكمله:

1. وضعية غير صحيحة لمفاتيح النهايات أو تثبيت المخدم أثناء التركيب.
2. اصطدام قرص الهوائي بعائق.
3. يتحرك قرص الهوائي فعلياً ويغطي المسار ولكن يوجد عائق

بين القرص والقمر الفضائي يحجب الإشارة.

4. تثبيت قرص الهوائي غير صحيح ولا يسمح بالتقاط كل القوس. وهذا يؤدي عادةً إلى التقاط قمر أو اثنان بشكل جيد وإضاعة بقية الأقمار أو يوجد ومضات كثيرة في الصورة أثناء التقاطها.

5. مسار المخدم قصيراً جداً من أجل حجم قرص الهوائي ويجب استخدام مخدم ذو مسار أكبر وإلا فسوف يلتف لدى امتداده الكلي.

يهتز المحرك إلى الأمام والخلف:

1. التغذية العكسية أو ضبط الربح غير صحيح.

2. عزم الدوران للمحرك عالي جداً بالنسبة لوزن قرص الهوائي.

يدور المحرك للأمام ولا يعود للخلف:

1. إذا تحرك قرص الهوائي بعيداً فإنه يمكن أن يصل إلى وضع يصبح فيه موازياً للمخدم ويسبب تقيّده.

2. عطل مفتاح نهاية المسار أو وضعه غير صحيح.

عدم وجود إشارة بيان تدل على تشغيل التحكم:

1. توضع لمبة أو عنصر كهربائي آخر في نفس المكان للتأكد من وجود جهد متناوب.

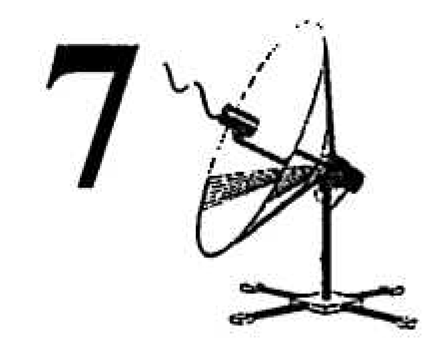
2. يفحص الفيوز على الواجهة الخلفية للتحكم، إذا كان منصهراً، يستبدل بفيوز آخر من نفس النوع. يفصل محرك الدفع قبل تشغيل الوحدة. إذا انصهر الفيوز من جديد فهناك قصر داخلي في التحكم.

3. إذا كان الفيوز الخارجي غير منصهر، يفحص الفيوز الداخلي ويستبدل بآخر من نفس النوع في حال انصهاره.

يتميز كل نظام تحديد موقع APS بمواصفات خاصة يجب العمل بمقتضاها. وبعض الأمور التي تنهي وجود نظام قد لا تؤثر إطلاقاً على نظام آخر. وتبقى عوامل أساسية عامة التأثير على جميع الأنظمة مثل قطر السلك وطول التمديدات وتثبيت المخدم بجودة عالية وأيضاً الحماية من العوامل الجوية. هناك طبعاً الأعطال الناجمة عن التخزين والتي لها طبيعة شمولية لجميع أنظمة APS.

إن المخدمات المقادة بمعالجات صغرية والموجودة في معظم أنظمة IRDs(integrated receiver decoders) والمستقبلات الحديثة، يجب حمايتها من الارتفاع المفاجئ في الجهد بوسائل حماية شبيهة بتلك المستخدمة في الحواسب. ومن الواجب التأكد من أن النوع المختار يؤمن تياراً كافياً للمخدم المستعمل. وإذا لم تستخدم هذه البنود، فإن ذاكرة النظام APS يمكن أن تصبح مغلوطة والمخدم يعمل بطريقة عشوائية أو يمكن أن تتعطل دارات السطح البيني.





7

وحدات التغذية

وحدة التغذية المستخدمة في مستقبلات الأقمار الفضائية مشابهة لتلك المستخدمة في مستقبلات البث الإذاعي FM.

إن سحب التيار في معظم هذه المستقبلات أصغري وهو أقل من 1 أمبير (باستثناء سحب تيار المحدم). وتتألف وحدة التغذية في مستقبلات الأقمار الفضائية بشكل رئيسي من جسر تقويم موجة كاملة مع دارة تنظيم جهد واحدة أو أكثر.

أصبح من الشائع استخدام وحدات التغذية من نوع Switching Power Supply وذلك بسبب سحب التيار الإضافي اللازم لكاشف التعمية . هذا النمط من وحدات التغذية يقلل من الحرارة المنبثقة عند بدء التشغيل؛ والتي تسبب غالباً مشكلة في وحدات التغذية الاعتيادية المؤلفة من مقوم ومرشح حيث يجب تنظيم كل جهد فيها.

وحدات التغذية المنظمة

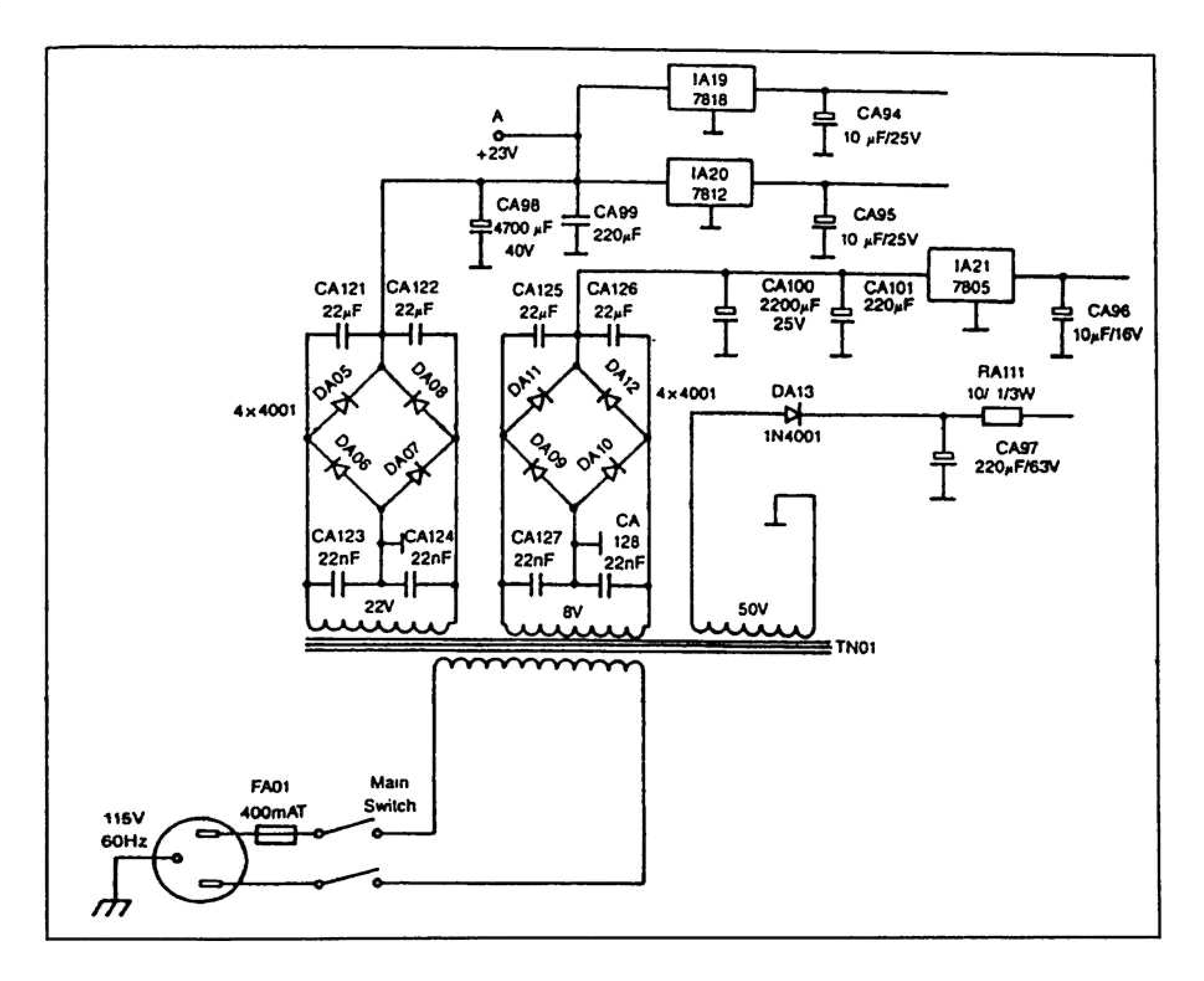
يظهر الشكل 7-1 وحدة التغذية في المستقبل Luxor. تعد هذه الوحدة منبع تغذية قياسي متعدد المخارج فهو يعطي +55Vdc كخرج أول وخرج آخر +23Vdc كلاهما غير مضبوط ويغذيان حاكمة مفعل الهوائي وحاكمة المحرك. بالإضافة إلى ثلاثة خروج مضبوطة 18+،12+،5+ فولت مستمر.

يمكن تنفيذ هذه الدارة بثلاث ملفات ثانوية، اثنتان منها موصولة عبر جسر تقويم من أجل الحصول على جهد وتيار مستمر، المكثفات المستخدمة 22PF من أجل التخلص من الترابط مع التغذية ولتمرير اشارات RF. إن كل مستقبلات الأقمار الفضائية تحتوي غالباً على خط +12V مضبوط ويستخدم لتغذية الترانزستورات والدارات المتكاملة الخطية المستخدمة في مستقبلات TVRO.

كما تحتاج لخط +5V لتغذية دارات TTL المتكاملة (عائلة 7400مثلاً) ودارات ECL التكاملية (عائلة MC10000). في حين أن الرقاقات المصنوعة بتقنية CMOS يمكن تغذيتها بجهد يقع ضمن المجال (5-15V) وذلك اعتماداً على نوع التطبيق المستخدم.

جميع المستقبلات تستخدم جهوداً بين 15-18Vdc من أجل تغذية اللاقط LNB أو المبدِّل الخافض للتردد LNA. إن هاتين الوحدتين تستجران تياراً مقداره 200mA تقريباً لكل منهما. و يستخدم ضمن الوحدتين السابقتين منظم للجهد، لذلك يمكن أن نغذيهما بجهد غير مضبوط.

في المستقبلات التي تستخدم دارة التحكم Polarotor[TM] يجب أن يكون هناك خرج مضبوط 5 أو +6v ويجب أن يبقى هذا الجهد ضمن الحدود المسموح بها، ويتحقق ذلك باستخدام منظم مثل LM317 أو باستخدام 7805 أو 7806 مضافاً إليه مكثف ترشيح مع مكثف منع ترابط. كما أن وجود محدد تيار أمر في غاية الأهمية لأن حصول قصر في الجهد هو أمر شائع فيمكن أن يتعطل المنظم ما لم يحدد التيار المار. يمكن التغلب على ذلك بإضافة مقاومة لتحديد التيار المسحوب. كما يمكن استخدام مصباح صغيربحيث يتوهج المصباح عند ارتفاع قيمة التيار لمنع تدفق التيارات الكبيرة عبر عناصر الدارة.



شكل 7-1. وحدة تغذية متعددة الخارج. تستخدم منظمات على شكل دارات متكاملة وتؤمن 5+ ,12+ ,18+ فولت مستمر ومنظم. إضافة إلى جهد 55V+ غير منظم يستخدم للتحكم بمخدم الهوائي.

متحكمات مفعلات الهوائي Antenna Actuator

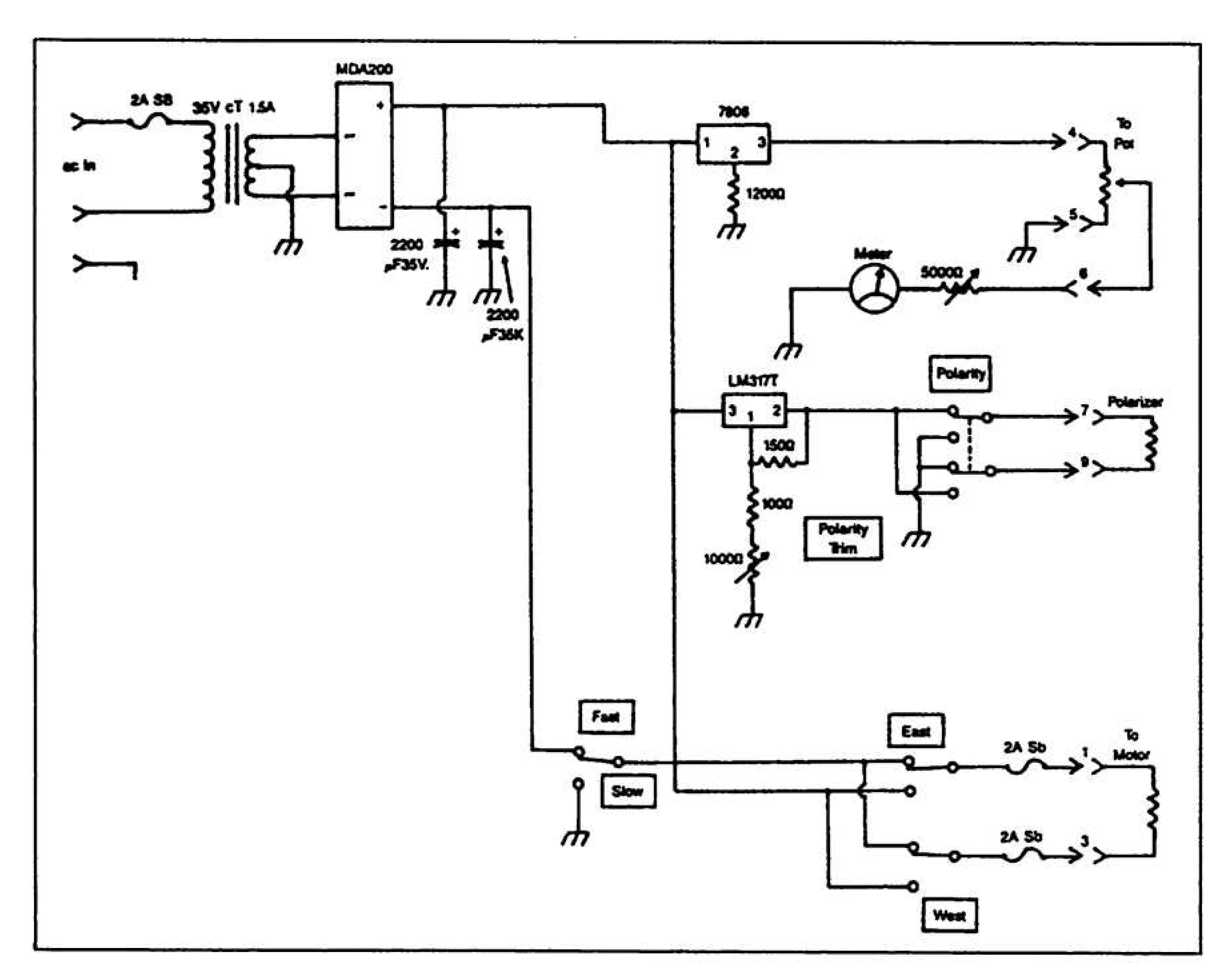
تتطلب مفعلات الهوائي جهداً وتياراً أكبر من أي عنصر آخر ضمن منظومة مستقبل القمر الفضائي. فالمحرك يحتاج إما 36 أو 24 فولت مستمر ويستجر تياراً تتراوح شدته من 1.6 إلى 6 أمبير.

الشكل 7-2 هو المخطط الأساسي لدارة بسيطة لتحكم مفعل الهوائي. تتألف الدارة من محول استطاعي يُخفض الجهد إلى 36 فولت متناوب ثم يطبق هذا الجهد على جسر تقويم موجة كاملة للحصول على الجهدين -18v,+18v مستمر، وبواسطة قاطعة ثنائية تختار جهد حركة المحرك (شرق أو غرب).

تستخدم مقاومة متغيرة لتأمين تغذية عكسية لقيادة قائس جهد بسيط بحيث يمكن معرفة موضع الصحن النسبي. ومن الضروري استخدام محرك قطبية polarizer مغناطيسي أو ميكانيكي. ومن الملاحظ استخدام منظم LM317 لتأمين منبع تغذية 10 فولت مستمر لمحرك القطبية.

إن إضافة قاطع بطيء/سريع هو أمرٌ كمالي في هذا المخطط ووضعية هذا القاطع هي التي تحدد قيمة الجهد الذي سيتلقاه المحرك، 18 فولت مستمر لدوران بطيء أو 36 فولت مستمر لحركة أكثر سرعة.

يبين الشكل 7-3 مخطط قيادة وحدة التغذية القطبي من شركة "Winegard" حيث تستخدم 36+ أو -36فولت مستمر لقيادة المحرك (للغرب أو للشرق)، تستخدم مقاومة متغيرة لتأمين إشارة التغذية العكسية التي تحدد الموقع ، و يمكن استخدام قاطعة Reed أو ترانزستور Hall effect عوضاً عن المقاومة المتغيرة.



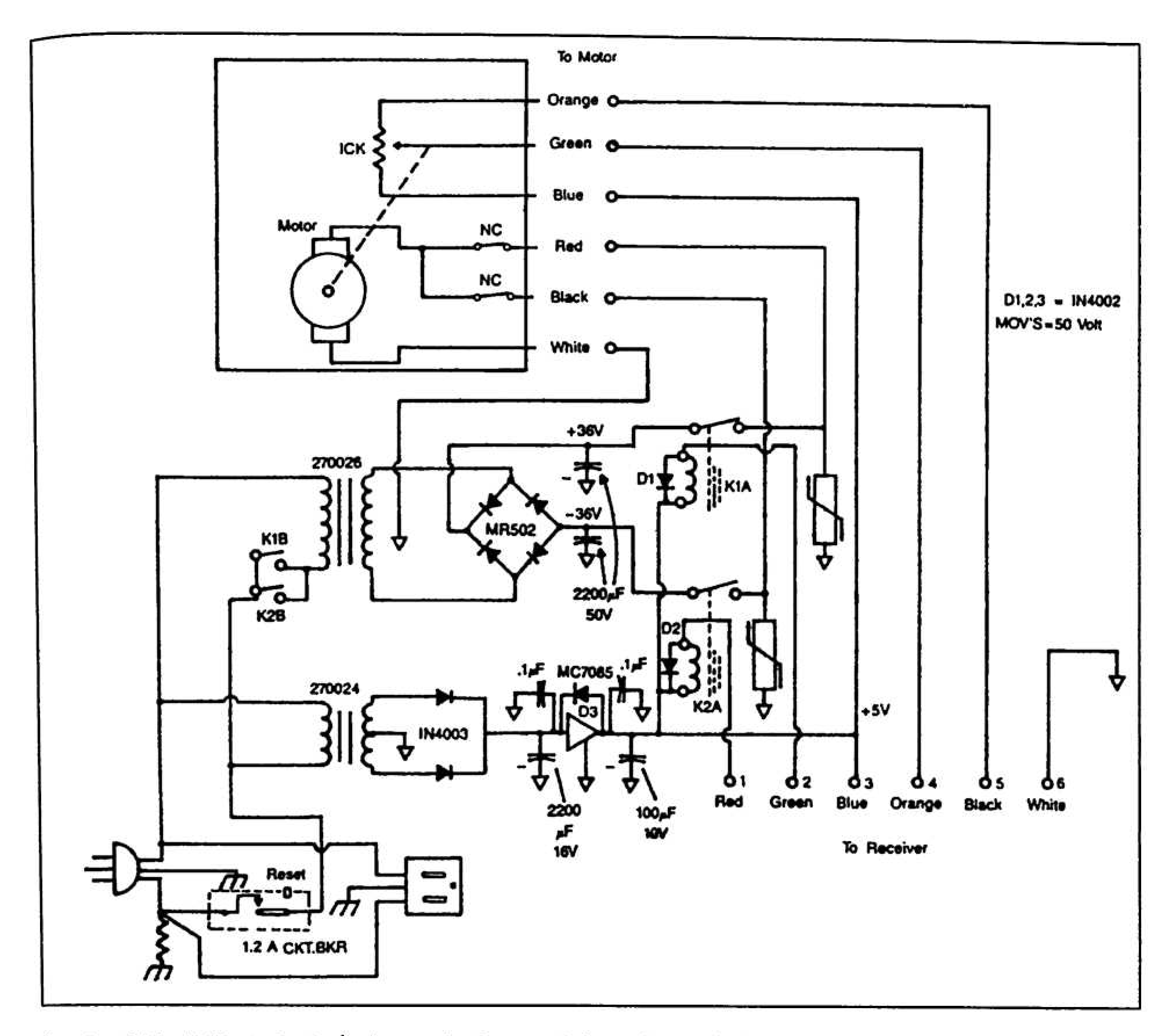
الشكل 7-2 دارة تحكم بمحرك. تتكون من جسر تقويم ومفتاح DPDT لتغيير اتجاه دوران المحرك. يوجد مفتاح آخر لتحديد سرعة الانتقال ويسمح بتغيير الجهد من 18 فولت (بطيء) إلى 36 فولت (سريع). هناك أيضاً مقياس للإشارة إلى وضع قرص الهوائي.

هناك اختلاف كبير بين هذه الدارة والدارة السابقة يتجلى في استخدام الحواكم لقطع ووصل التيار إلى المحرك ليس فقط من أجل الجهد المستمر ولكن أيضاً من أجل الدخل المتناوب للمحول transformer.

يرتفع الجهد عندما يشحن المكثف (2200µF). فإقلاع المحرك سيكون بشكل تدريجي فلا يرتج الصحن ما لم تكن المكثفة قد افرغت من شحنتها. وعندما يزال جهد القيادة عن المحرك فإنه سيتباطأ بشكل تدريجي من دون توقف مكبوح. هذا التوقف البطيء سيؤدي من جهة أخرى إلى صعوبة ضبط توضع الصحن. لذلك نرى في معظم حاكمات المحركات أنها تعمل على قصر طرفي جهد القيادة للمحرك عند فصل الحاكمة من أجل الحصول على توقف سريع ودقيق. لذلك من الواجب إضافة بعض العناصر إلى الدارة السابقة لتحسين أدائها. من هذه العناصر:

1. ديودات الحماية من أرجحة الجهد العكسية وهي من نوع (IN4005) أو ما يكافئها بحيث تتوضع على طرفي وشيعة الحاكمات.
2. وصل طرف الحاكمة المشترك مع المحرك إلى الأرضي بواسطة حاكمة مغلقة طبيعياً normally closed contacts.
3. وصل مقاومة استنزاف 1W/500Ω على التفرع مع مكثف الترشيح 2200µF .
4. وضع ديودات حماية جهد IN4005 أو ما يكافئها على طرفي المنظم MC7805 .

بشكل عام، في أي دارة عملية يجب وضع ديودات حماية على طرفي المنظم ووشائع الحاكمات. هذه الديودات ستقوم بحماية عناصر وحدة التغذية من خلال إقصاء الجهود المؤذية والومضات ومنعها من الوصول إلى العناصر غير المحمية من الدارة. فالديود المرفق على طرفي المنظم يقوم بحمايته من تفريغ المكثفة الموصولة معه. أما الديود الموصول مع الحاكمة فإنه يحد من الومضات الناتجة عند فصل التغذية عن الحاكمة. هذه الومضات قد تصل إلى عدة مئات من الفولتات والتي ستؤدي إلى تعطل ترانزستور القيادة إذا لم يكن قد جهز بديودات حماية.



الشكل 7-3 . تحكم بالمحرك باستخدام حاكمة. تقوم الحاكمة بقطع ووصل الجهد عن المحرك. يوجد أيضاً مقاومة متغيرة للتغذية العكسية تعمل كمقسم جهد.

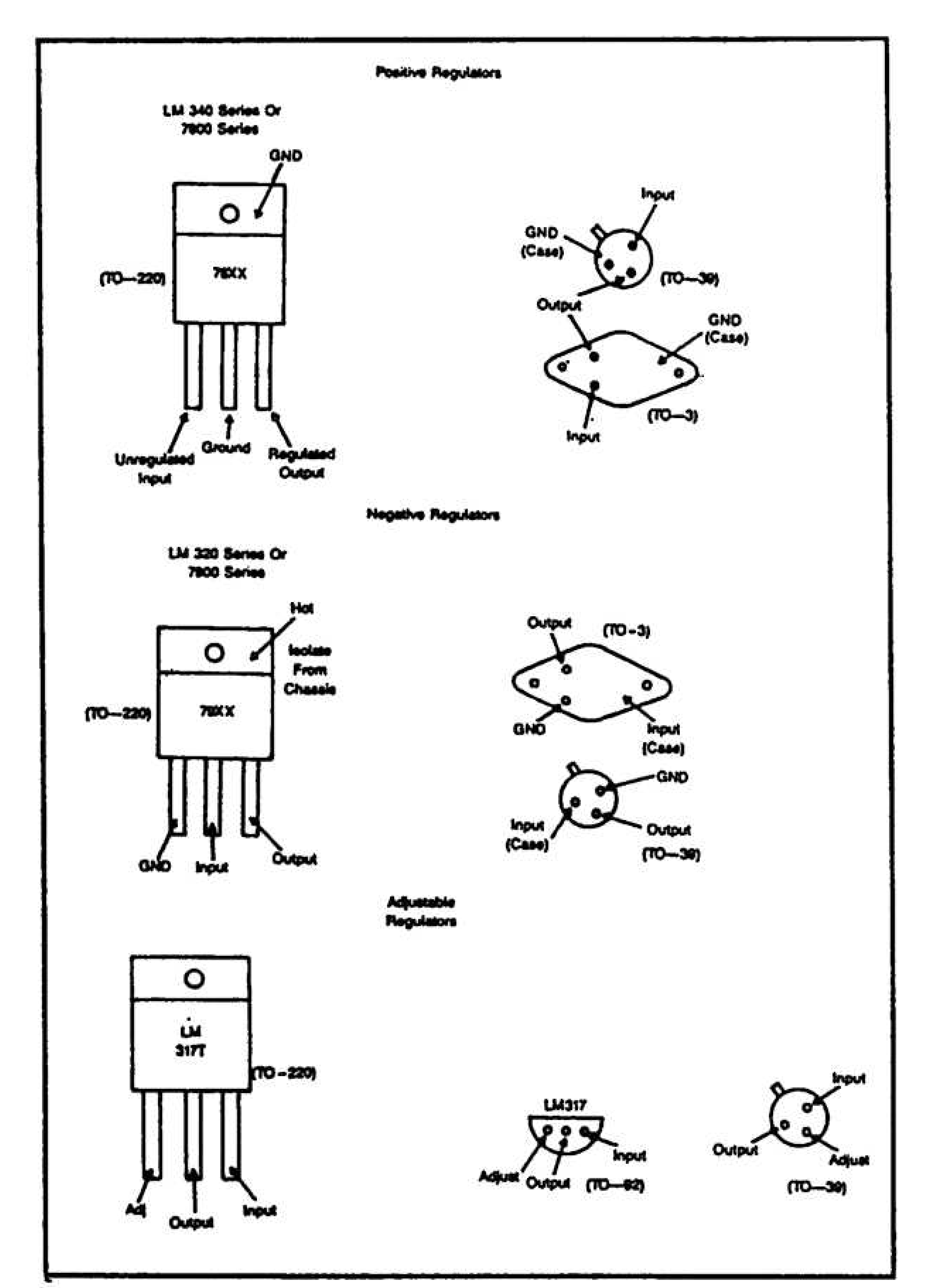
دارة المنظم المتكاملة IC Regulator

يبين الشكل 7-4 الأرجل الخارجية لأكثر المنظمات استخداماً. السلسلتان 7800 و LM340 من المضخمات موجبة الجهد يمكن أن تعطي تياراً شدته واحد أمبير مع استخدام مبرد حراري. منظمات الجهد الموجب يتم تركيبها على الشاسية عادةً حيث تستخدم كمبرد.

وأيضاً سلسلة المضخمات 7900 و LM320 سالبة الجهد يمكن أن تعطي تياراً شدته أمبيراً واحداً مع استخدام المبرد.

هناك تحذير وحيد يتعلق بالمنظمات سالبة الجهد هو أن جسم المنظم الذي سيوصل مع المبرد ليس موصولاً مع الأرضي لذلك من الخطأ وصل الجسم مع الشاسية المؤرضة. يجب استخدام عازل وبرغي معزول في تثبيت هذه العناصر. في العائلتين 7800 و 7900 يبين الرقمان الأخيران من رمز العنصر مقدار الجهد المنظم الذي يتم الحصول عليه في الخرج. فمثلاً 7912 هو منظم سالب 12 فولت. تستخدم هذه المنظمات عادةً لتنظيم الجهد في المجال من 5 إلى 18 فولت.

هناك منظمين قابلين للضبط هما LM317T و LM723 . يأتي LM317T في تعليب من النوع TO-220. في حين أن LM723 متوفر بشكلين تعليب DIP قياسية 14 pin أو تعليب معدني TO-5، حيث يعبر الرمز TO عن حجم وشكل التعليب المستخدم.



الشكل 7-4 الأرجل الخارجية للمنظمات الشائعة. إن شكل التعليب الأكثر انتشاراً للمنظمات هو TO220. كذلك يستخدم النموذج TO-39 و TO-3. ويكون تعليب المنظمات القابلة للضبط مثل 723 على شكل دارة متكاملة Dip.

إن المنظم LM723 لا يعطي تياراً أكبر من150mA ، لذلك يضاف إليه ترانزستور تمرير خارجي ليصل التحكم بالتيار إلى (10) أمبير. مهمة الترانزستور ايصال التيار إلى الحمل. في حين أن LM723 يقوم بإدارة ومراقبة جهد الخرج وضبط تيار الانحياز في الترانزستور بشكل متواصل وبالتالي يسمح فقط بوصول التيار والجهد المرغوبان إلى الحمل.

يبين الشكل 7-5 مخطط صندوقي وظيفي للمنظم LM723.

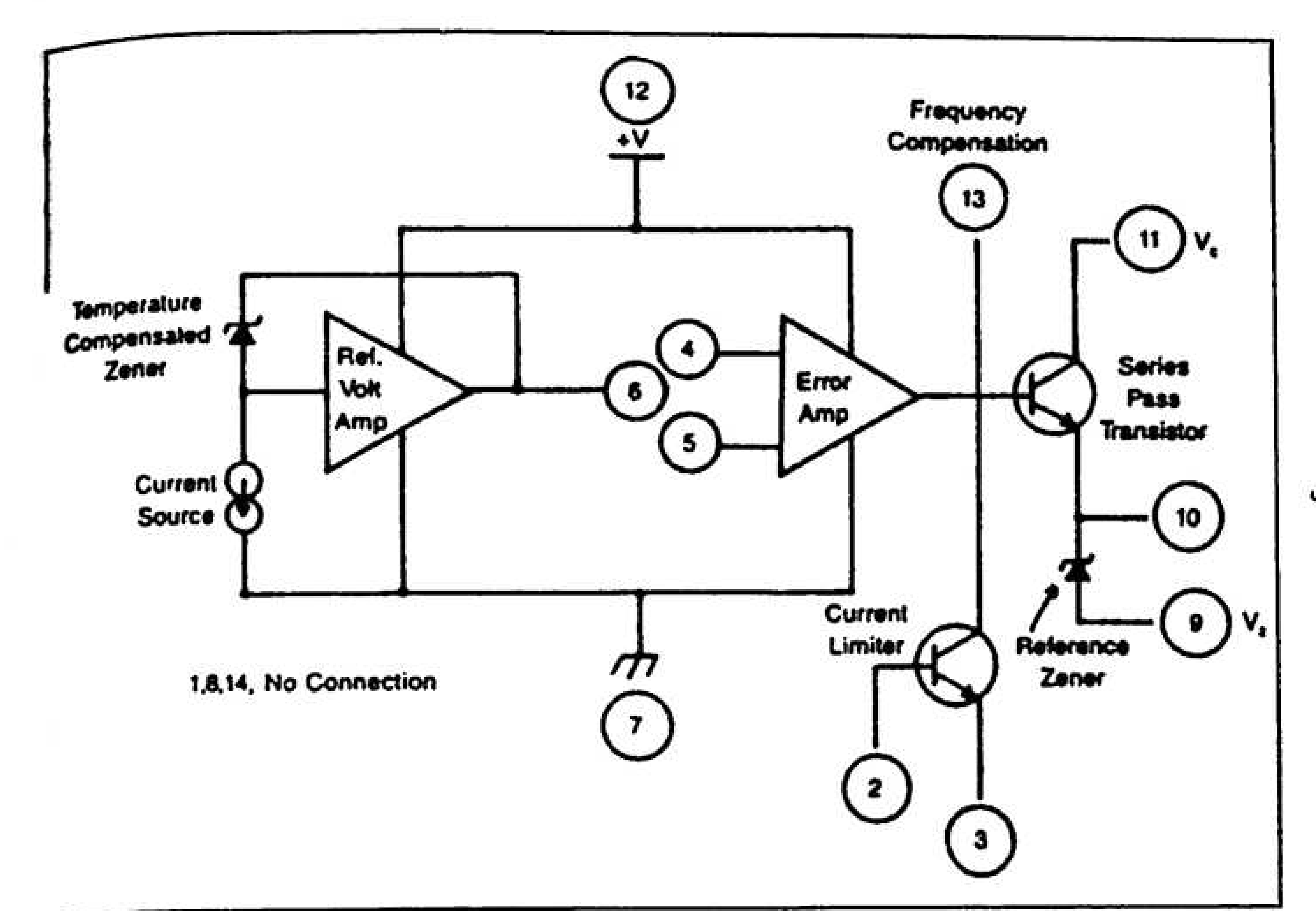
قلب المنظم هو مضخم الجهد المرجعي الموصول مع الملمس 5 من مضخم الخطأ عن طريق مقسم جهد.

يظهر عند الملمس 4 الجهد الناتج عن طرح الجهد المرجعي من جهد الخرج. هذا الجهد يقوم بقيادة ترانزستور تمرير داخلي موصول هو الآخر مع قاعدة ترانزستور تمرير خارجي. وهكذا يمكن تغيير انحياز القاعدة باستمرار من أجل الحصول على جهد الخرج الصحيح.

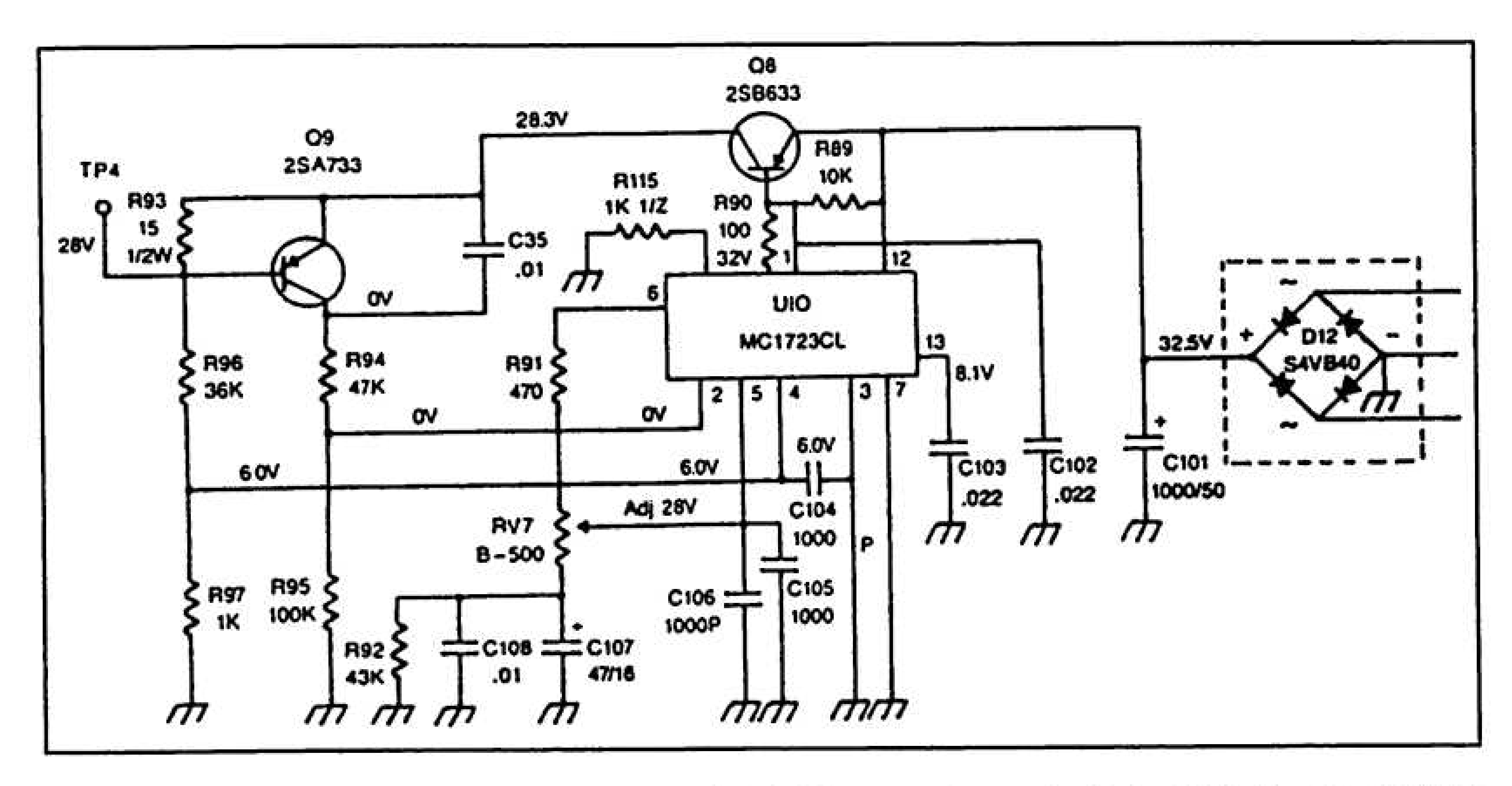
تقوم الرجل 2 بتحسس تيار الخرج من خلال قياس جهد الانحياز والذي هو غالباً (0 فولت). فإذا ازداد الجهد أدى ذلك لفتح الترانزستور المحدد لقيمة التيار المقاد إلى ترانزستوري التمرير الداخلي والخارجي.

يبين الشكل 7-6 شكلاً تفصيلياً لدارة تطبيقية نظامية للمنظم 723 للحصول على الجهد 28+ فولت مستمر لتغذية دارة التوليف في المستقبل (tuning circuit).

يستخدم المنظم LM317T عندما نحتاج إلى جهد تغذية منظم قابل للضبط بتيار سحب أعظمي 15 أمبير. ويبين الشكل 7-2 كيفية استخدام LM317T لتزويد جهاز الاستقطاب بالتيار اللازم.



الشكل 7-5 مخطط صندوقي وظيفي للمنظم LM723.



الشكل 7-6 دارة منظم 723 في هذه الدارة. يمـرر الترانزستور Q8 كـل التيار. بينمـا يستخدم الترانزستور Q9 لتوليد إشارة التغذية العكسية اللازمة للمنظم 723 لضبط انحياز قاعدة الترانزستور Q8 بغية المحافظة على جهد الخرج 28+ فولت والذي يتم ضبطه بواسطة المقاومة المتغيرة RV7. قارن ذلك مع المخطط الصندوقي للدارة 723 في الشكل السابق.

إجراءات الحماية

خط جهد الحماية

بما أن معظم المستقبلات والمخدمات (actuator) تستخدم ثلاثة أسلاك لنقل التغذية، لذلك عند تركيب النظـام في مكـان تتوفر فيه مـآخذ كهربائية بسلكين فقط يجب إضافة خـط أرضي. ومن الخطأ التخلص من سلك الأرضي الموجود على القابس الثلاثي أملاً في التخلص من كلفة إضافة خـط تـأريض.

لأن السلكان الآخران يكونا عادةً غير مستقطبين وهذا يؤدي بدوره إلى احتمال بنسبة 50% لحدوث حلقة أرضية أو صدمة عرضية.

قبل وصل أي جهاز كهربائي أو الكتروني إلى قابس جداري غير معروف، يجب أن يفحص الخرج من حيث صحة الاستقطاب والجهد وخصوصاً الجهد.

هناك فاحص قابس بسيط متوفر في جميع محلات القطع الكهربائية الالكترونية يساعد على فحص أقطاب القابس (الحيادي، المشترك والساخن) ويشير في حال كون هذه الأقطاب معكوسة أو مفتوحة.

يربط المصنعون عادةً مقاومة 4.7MΩ بين الخط المشترك والشاسية للبرهان على عدم وجود فرق بالجهد بين الخط المشترك والأرضي. يربط الشاسية مباشرةً إلى الأرضي بواسطة 3 أسلاك نظامية.

تؤرض جميع العناصر من أجل الوثوقية العالية بشكل جماعي بواسطة مقبس حائطي (wall plug) في معظم الأنظمة. هذه الطريقة بالوصل موضحة في الشكل 7-7A.

الشكل 7-7 مخطط وصل الأرضي. في (A) تأريض نظام ذو خطوط توصيل قصيرة وفيه يتم تأريض الهوائي بوتد أرضي أما المستقبل ونظام التحكم فتؤرض عن طريق مقبس الحائط في (B) حيث خطوط النقل اطول. يمكن ان يحصل هبوط في الجهد إذا كان هناك فرق مقاومة يساوي 5 أوم او أكثر. إن وجود مقاومة بين مختلف نقاط الأرضي يمكن أن تسبب حلقات تأريض. ويوصل أرضي المستقبل إلى الشاسيه دون استخدام ملمس الأرضي على المآخذ ذو الثلاثة ملامس يمكن أن يكون حلاً للتخلص من حلقات التأريض.

إذا كان الناقل الواصل بين المستقبل وقرص الهوائي قصيراً نسبياً وذو نوعية جيدة، عندها يجب أن لا ترتفع قيمة المقاومة بين السلكين الأرضيين عن 5 أوم. وعادةً تكون هذه القيمة أقل من 1 أوم. أما إذا استخدم ناقل طويل، فمن الضروري فصل المكونات التي توضع داخل المنزل من النظام عن الأرضي المنخفض "التعويم" واستخدام الأرضي مع الهوائي فقط، وذلك لأن المقاومة بين التأريض (earth) على القرص والمقاومة بين الأرضي والمستقبل في الداخل تصبح مختلفة، إن هذه المقاومة النسبية تولد حلقة أرضية. والحلقة الأرضية تؤدي إلى ظهور خطوط طنين بالصورة. وكذلك تؤدي الحلقات الأرضية إلى تحكم ضعيف بالاستقطاب في حال وجود ديود pin diode أو حاكمة مغناطيسية. وقد تؤدي أيضاً إلى هميم صوتي أو خطأ في توضع القرص. من الواضح أننا إذا قمنا برفع التأريض عن أحد الأطراف سيحل كل تلك المشاكل.

من أجل رفع الأرضي يستخدم ملائم جيد. يمتلك هذا العنصر قطبين مستقطبين لكلا السلكين الحيادي والساخن وكذلك سلك أرضي منفرد وموصول إلى صفيحة الغطاء أو إلى أنبوب الماء البارد. إن رفع الأرضي يعني أن الأرضي يظل بدون وصل.

يبين (لشكل 7B-7) نظاماً حيث يكون فيه القرص هو العنصر الوحيد المؤرض. هذه الطريقة في التأريض تعد مثالية للحماية من الأثر المخرب للبرق على وحدة LNB والمستقطب وقائد المحرك. يجب استشارة كهربائي محلي عند وضع متطلبات القطب الأرضي في المناطق ذات الخصوصية. ويجب التنويه هنا أيضاً إلى ضرورة الانتباه إلى أن الترميز اللوني في الكابلات المرنة يختلف بين بلد وآخر. فمثلاً، اللون الأبيض المستخدم كمشترك في شمالي أمريكا يصبح أزرقاً في أوربا. والبني في أوربا يقابل الأسود في أمريكا للناقل الفعال، كذلك الأخضر يعبر عن التأريض في أمريكا الشمالية إن عدم تمييز هذا الاختلاف يعد مجازفة كبيرة بأمن النظام وخاصة بالنسبة للتقنيين المهتمين بالعمل العالمي.

الحماية عند اصلاح المحرك

إن اصلاح المحرك هو من أكثر الأعمال خطورة في نظام الاستقبال الفضائي بسبب وجود تيارات وكمونات عالية. فعند العمل خارجاً وعلى الرغم من الوقوف على الأسمنت الجاف أو الأرض العارية، فإن الجسم يكون بجهد الأرضي وذلك يعتمد على نوع الحذاء الملبوس. فقد تحصل الصدمة الكهربائية عند لمس الدارة الفعالة بيد واحدة لأن هذا اللمس يؤدي لاكتمال الدارة.

وإذا كانت الأرض رطبة، فالشخص الواقف سيكون حتماً بجهد الأرض وعندها يجب الحذر من الصدمة الكهربائية بشكل مضاعف. فجهد 36 فولت مستمر يسبب صدمة خطرة قد تؤدي إلى الموت، وتيار بشدة 1 ميلي أمبير كافٍ لإيقاف القلب البشري.

لتقليص الخطر نستخدم عادةً علبة تغذية AC مزودة بقاطع تكاملي (GFI) "Ground Fault Interrupter" من أجل تغذية كل من مستقبل TVRO والمحرك وجهاز تلفاز TV قبل القيام بأي إجراء. عندها، فإن أي قصر عبر الجسم سيؤدي إلى تدفق تيار يتحسسه GFI ويفصل القاطع قبل حصول أي ضرر.

إن من العادات الجيدة والمفيدة وضع حصيرة مطاطية تحت القدمين لعزل الجسم عن جهد الأرض. ويقول الكهربائيون القدماء: يجب العمل عند معالجة دارة كهربائية مكشوفة بيد واحدة ووضع اليد الأخرى وراء الظهر أو في الجيب لتجنب أي صدمة قاتلة. كما أنه يحظر العمل بالهوائي أو المحرك بوجود عاصفة رعدية مجاورة.

حماية وحدة التغذية من العطب

إن أكثر وحدة قابلة للعطب في المستقبل الفضائي، مثل أغلب التجهيزات الإلكترونية هي وحدة التغذية.

ينتج كل مصنع تقريباً منتج واحد على الأقل يحتوي على عيب تصميمي ضمن وحدة التغذية. هذا العيب يكون عادةً غير قابل للكشف مباشرةً من خلال مخططات الدارات. بل يكشف من خلال مراجعة كتاب العمل للمنظم أو مخطوطات تصميم وحدات التغذية.

من أكثر العيوب المشاهدة هي من نصيب دارة حماية المنظم المتكامل (IC-Regulator). فإذا كانت دارة المنظم غير مزودة بالحماية اللازمة فإن المنظم المتكامل قد ينهار بسبب تفريغ مكثف. وهذا بالنتيجة قد يؤدي إلى عطب في المستقبل أو اللاقط . فإذا كان المحرك بوضع عمل قد يتسبب ذلك بسقوط قرص الهوائي.

عند استخدام مكثفات خارجية مع المنظم فمن الضروري حمايته من تفريغها. التفريغ يحصل عند قصر الدخل أو الخرج. إن عملية إضافة ديودات الحماية سهلة للغاية، ويبين الشكل 7-9 كيفية إضافة الديودات في المنظمات الموجبة والسالبة.

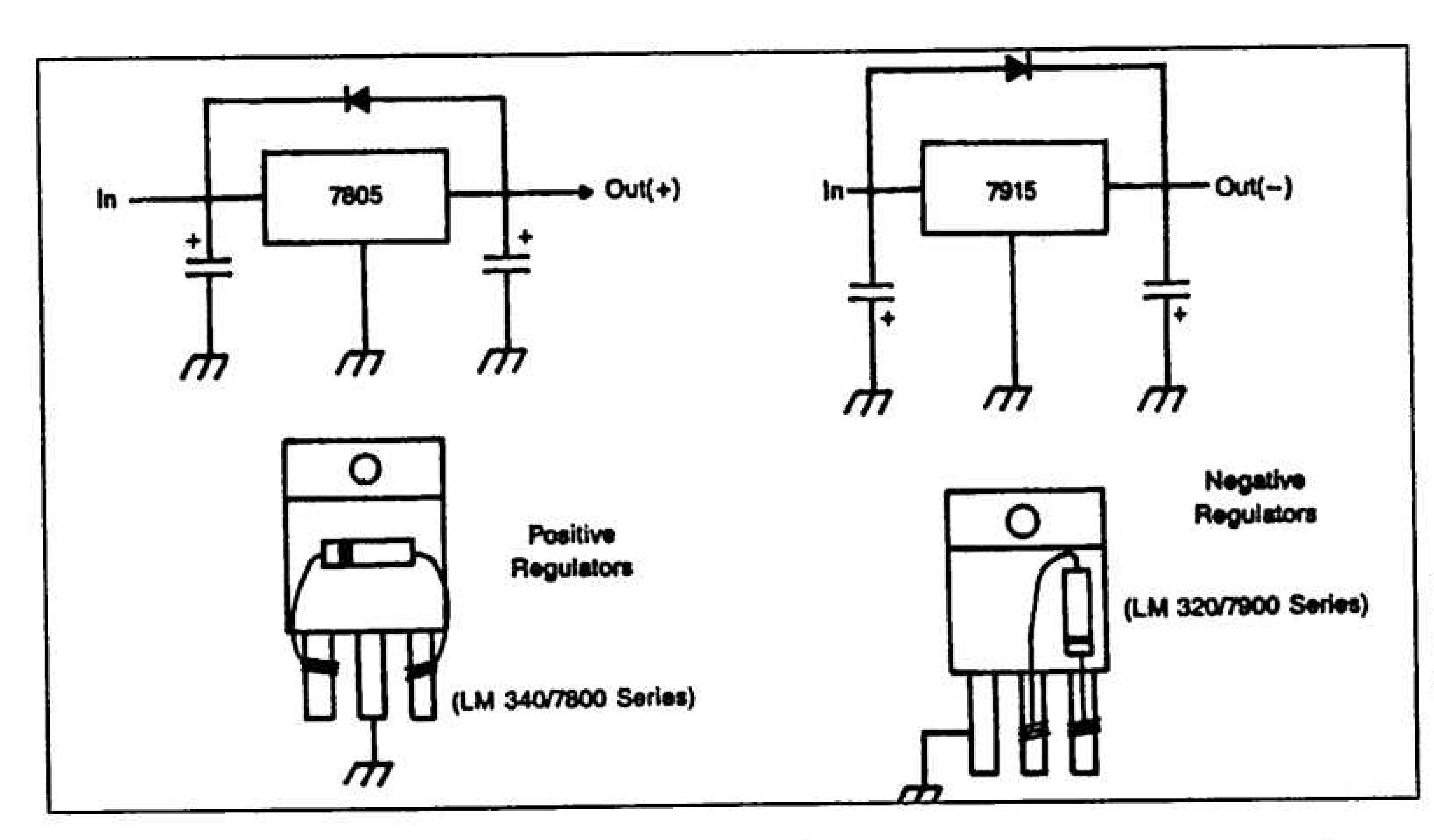
المرشحات Filtering

هناك أسباب أخرى لمشاكل وحدات التغذية وتنشأ هذه الأسباب عن مكثفات الترشيح والتمرير، وعادةً تكون قيم مكثفات الترشيح كبيرة 500µF-8000µF . أما مكثفات التمرير فتكون عادةً عدسية بقيم 0.1µF or 0.01µF.

من دلالات مشاكل الترشيح ظهور خطوط التشويه على الصورة. وكذلك التشويش والتشويه الصوتي. فعند قصر إحدى مكثفات التمرير، قد ينتج ضرر بالمنظم وإنقاص عدد مكثفات التمرير الضرورية قد ينجم عنه تشويش عملية قيادة المحرك أو نظام التحكم عن بعد بسبب وجود ومضات ونبضات غير صحيحة في الدارة.

المغيرات Varistors

هناك عنصر آخر موجود في جميع المستقبلات ووحدات LNB وفي دارة قيادة المحرك. إنه يشبه مجموعة من ديودات زينر لأنه يسمح للجهد حتى قيمة معينة بالمرور. إن أية قيمة للجهد ترتفع عن العتبة تقصر عبر Varistor.



الشكل 7-8 إضافة ديودات الحماية إلى المنظمات الموجبة والسالبة

إن بعض المغيرات تستطيع التعامل مع شرارة 50.000 فولت وتستجيب خلال زمن لايتجاوز بضعة ميكروثانية عن طريق قصر الشرارة للأرض في حين أنها تستمر بتمرير الجهد النظامي. وينصح الذين يعيشون في منطقة كثيرة العواصف، حيث يكون تأثير شرارة البرق قرب قرص الهوائي أو أقطاب التغذية وارد جداً باستخدام المغيرات الرخيصة والصغيرة الحجم لجعل الاستقبال جيد ومستمر خلال العواصف الرعدية.

تبدلات واضرابات الجهد

Voltage Fluctuations

تتواجد عادةً أجهزة الاستقبال الفضائية في المناطق النائية والتي تعاني من تقلبات في الجهد تصل من 10إلى 20 فولت أو أكثر في الحالات النظامية. وغالباً خلال العواصف الشتائية أو أثناء ذروة الحرارة في الصيف يرتفع الجهد من 30 إلى 40 فولت. هذا التقلب يصبح ملموساً عند تركيب الجهاز وامداده بالطاقة من نهاية خطوط القدرة حيث يكون سحب التيار كبيراً من الخط. لذلك يلجأ المصنعون إلى تصميم المنظومة بهامش جهد لحل مشكلة انخفاض القدرة عن الجهد الأسمي. فبعض المستقبلات تظل تعمل إذا هبط الجهد 30% في حين أن مستقبلات أخرى لا تعمل لدى هبوط الجهد إلى أكثر من 10% . تتجلى مساوئ هذا الهامش في ارتفاع حرارة المستقبل عند ارتفاع الجهد عن الجهد النظامي 110/240. هذا الارتفاع ناتج عن وحدة التغذية لأنها ستقوم بتبديد الجهد الإضافي كحرارة.

التسخين Overheatting

إن تغطية ثقوب التهوية للمستقبل أو وضعه على سجادة صوفية سميكة أو تركيبه على سطح مانع للتهوية أو حتى وضعه في أمكنة يكثر فيها الغبار، قد يؤدي إلى انهيار وحدة التغذية.

يجب وضع المستقبل بشكل نظامي على سطح صلب مستنداً على قوائمه الأربعة بحيث تبقى تقريباً حوالي خمسة سنتيمترات (2 بوصة) من كل جانب كمساحة فارغة للتخلص من مشكلة التسخين.

عندما يسخن المستقبل ثم يتوقف عن العمل يجب فحص خطوط القدرة، فإذا كان الجهد أعلى من 117/235Vac أو أقل من 100/210Vac فمن الضروري استخدام منظم جهد. يجب حساب شدة التيار المسحوب عند اختيار المنظم. المحولات ثابتة الجهد متوفرة في جميع المخازن الكهربائية. لاحظ أن بعض مستقبلات DBS تتضمن على الواجهة الخلفية إمكانية اختيار جهد 220 أو 120 فولت و يجب وضعها على الجهد المحلي وإلا سنعاني من مشكلة التسخين.

الحماية من الومضات Spike protection

هناك عنصر آخر لحماية التغذية يدعى كابت الشرارة وهو مؤلف من مغاير Varistor مع عدة مرشحات والتي تعمل على تخميد الومضات أو الإشارات الراديوية التي قد تدخل خطوط المنزل من خلال خطوط القدرة. وهو ضروري وخاصة من أجل المستقبلات أو أجهزة التحكم بالهوائي التي تحوي معالج صغري لأن المعالج مشابه تماماً لحالة أجهزة الحواسيب الشخصية. هذه العناصر الفعالة قد تغير حالة ذاكرتها مما يؤدي إلى مقاطعة الأوامر الصادرة إلى المستقبل أو القرص أو تغييرها (يتغير وضع القرص، تتغير القنال) أو قد يؤدي ذلك للعديد من الآثار غير المتوقعة. هذا يكفي للقول بأن جهاز الاستقبال الفضائي حساس جداً لأي تغيير على خلاف المستقبلات التلفزيونية.

تعيق صغير على مانع الومضات وخصوصاً الرخيصة منها والتي تفقد فعاليتها بعد تعرضها لعدة ومضات كبيرة مما يؤثر على عمنها ولسوء الحظ لايمكن كشف ذلك إلا بعد حدوث عطل في الجهاز. والحل هو باستخدام مانع ومضات (من النوع المستخدم للحواسب) جيد السمعة بمخارج عدة لتغذية جميع مكونات الاستقبال الفضائي المنزلي TVRO.

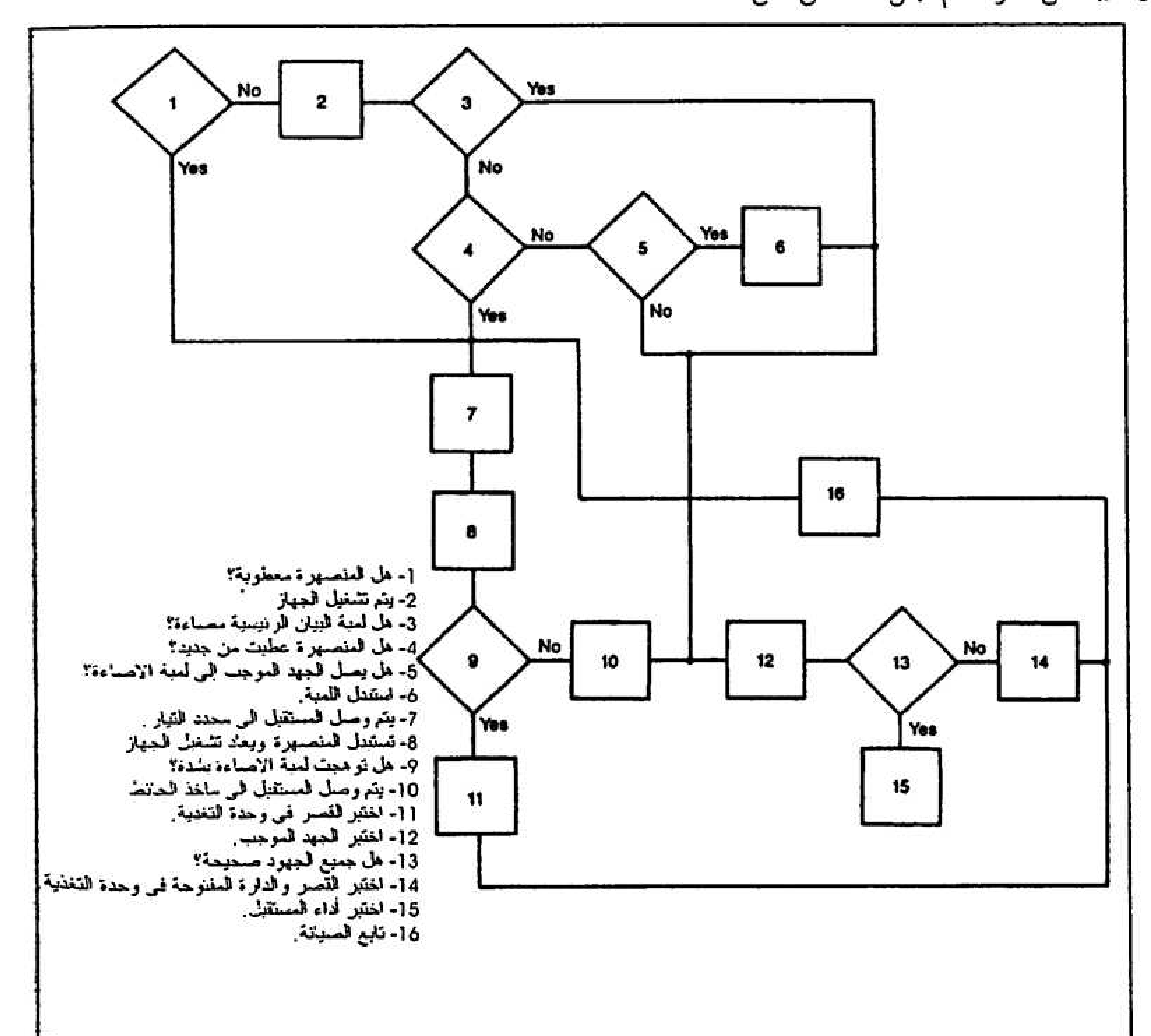
إصلاح وحدة التغذية Troubleshooting a power supply

يبين الشكل 7-9 مخطط الإصلاح لعطب وحدة التغذية ضمن المستقبل. وباتباع الخطوات المبينة ابتداءاً من فتح الغطاء وحتى اكتشاف القطعة المتضررة لن يستغرق الأمر أكثر من 10 دقائق.

يجب الشك أولاً بصلاحية وحدة التغذية عند محاولة إصلاح المستقبل أو أي جهاز آخر. وينبغي البدء بفحص وجود جميع الجهود، إن غياب الصورة أو الصوت قد يكون ناجماً عن نقص في التغذية 5+ فولت مستمر وذلك إذا استخدمت رقاقة ECL كمحد للترددات المتوسطة IF. نفس الظاهرة تحصل عند استخدام فاك تعديل فيديوي فعال ولدينا خرج تغذية 12+ فولت مفقود.

إن معرفة العطب ضمن المستقبل والذي يؤدي إلى حرق الفواصم يتطلب التضحية ببعض الفواصم قبل التمكن من معرفة السبب. قد يساعد في هذه الحالة زيادة الجهد بالتدريج باستخدام مقاومة متغيرة ومراقبة التيار والتوقف عند ظهور زيادة مفاجئة في شدة التيار.

هناك طريقة ثانية أسهل باستخدام فاحص حدي للتيار وهي أبسط قطعة متوفرة لفحص العدة واستخدامه أسهل من استخدام المقاومة المتغيرة. الفاحص الحدي للتيار عبارة عن لمبة ذات استطاعة منخفضة توصل مع خط AC تسلسلياً إلى المستقبل أو حاكمة المحرك. تعمل اللمبة كمحدد للتيار، فإذا تعرضت إلى تيار قصر مباشر فإنها سوف تتوهج بقوة ثم يفصل التيار الزائد. إن استخدام مصباح 40 وات يكفي لاختبار معظم المستقبلات وحاكمات المحرك بشرط عدم وصل المحرك.



الشكل 7-9 مخطط تسلسل خطوات إصلاح وحدة التغذية

8

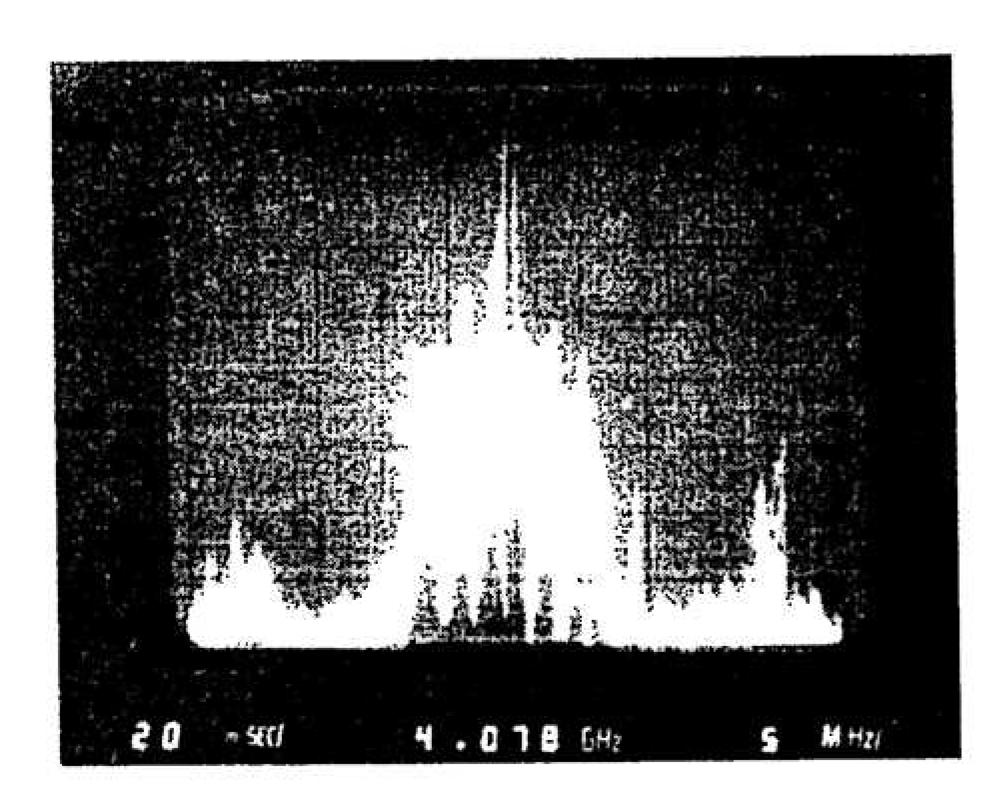
دارات التردد المتوسط IF

إن التردد المتوسط في أكثر المستقبلات الفضائية يتمركز حول التردد 70 ميغاهرتز .وهذا التردد المتوسط أصبح قياسياً لأسباب تاريخية .إذ أن شركات الهاتف اعتمدت التردد 70 ميغاهرتز لتحويل التردد في الوصلات الميكروية. وبما أن المستقبلات الأولية للأقمار الفضائية قد تحققت من مخلفات وفوائض شركات الهاتف والتجهيزات الميكروية العسكرية، فقد نجم عن ذلك أن استخدم نفس التردد في عناصر أنظمة TVRO وخاصة البدائية منها.

لم يتم اختيار التردد المتوسط 70 ميغاهرتز اعتباطاً من قِبل شركات الهاتف، بل اختير لملاءمته لأنظمة خفض التردد الأحادية. حيث أن التوافقيات العليا لهذا التردد تقع بين الترددات المركزية لأقنية الإرسال، والتوافقيات الأدنى هي 35 ميغاهرتز وما دون ذلك، وهذه الترددات تقع خارج الحزم المستخدمة. ومن زاوية أخرى فإن التردد 70 ميغاهرتز قريب من أخفض تردد يمكن استخدامه لترشيح وكشف تعديل المعلومات. إضافة إلى وجود كثير من العناصر والمركبات الإلكترونية المصممة للعمل ضمن هذا المجال الترددي وبالتالي من السهل بناء دارات غير مكلفة نسبياً.

إن عرض الحزمة الأعظمي لقناة إرسال في الحزمة C هو 36 ميغاهرتز (انظر الشكل 1-8). لذلك فإن الإشارات تحتل حيزاً يمتد 18 ميغاهرتز إلى أعلى وأدنى التردد المركزي وبالتالي فإن الحزمة تمتد من 52 ميغاهرتز (وهو أخفض قليلاً من تردد القناة 2 في نظام NTSC من VHF)، وحتى 88 ميغاهرتز وتحتل الحد الأعلى للقناة 6 من VHF أيضاً. وهذه المنطقة هي الحل المثالي بين كلفة التضخيم والفقدان في خطوط النقل إضافة لحجوم العناصر الإلكترونية قياساً بطول موجة الإشارة .

هناك ترددات متوسطة أخرى في الحزمة UHF أصبحت شائعة بعد تطور تقنيات الترشيح باستخدام SAW ودارات PLL . إن أغلب أنظمة خفض التردد الآن تعتمد ترددات متوسطة من رتبة 130 ميغاهرتز أو أكثر.



شكل 8-1 توزيع الطاقة للمرسل. هذه صورة محلل طيف لمرسل احد الأقنية توضح توزيع الطاقة. وكل تقسيمة أفقية تعبر عن 5 ميغاهرتز. المغذي (الأبرة) مستقطب دائرياً بشكل خفيف لإظهار قطبية متعاكسة من اجل 20± ميغاهرتز (النتوءات على جانبي الصورة). لاحظ أن معظم الطاقة متمركزة في مجال 10± ميغاهرتز.

مكبرات التردد المتوسط IF

يمكن تضخيم إشارات عريضة الحزمة بطريقتين، الأولى بتكبير كامل الحزمة دفعة واحدة. والثانية بتقسيم الإشارات إلى مجالات ترددية أصغر ومن ثم تكبير كل مجال على حدة مع تمرير بقية الترددات كما هي دون إضافة عامل ربح. ولكن المبدأ الثاني يقود إلى أخطاء في الصفحة والربح ولا يستخدم كثيراً في المستقبلات المنزلية. لذلك فإن المكبرات عريضة الحزمة هي الأوسع انتشاراً مع دارات التقاط الذروة "peaking" المتمركزة عند التردد الأوسط.

هناك عناصر متنوعة تتضمن ترانزستورات، دارات متكاملة و دارات هجينية تستخدم في تكبير إشارات التردد المتوسط في المستقبلات الفضائية. وبصورة مثالية، يجب أن يقوم العنصر بتكبير الإشارة دون إضافة ضجيج خاص به.

والفروقات بين المستقبلات في تضخيم التردد المتوسط تعود إلى الكلفة وخيارات التصميم أكثر من الأداء الفعلي؛ لأن جميع عمليات التكبير تحصل في عناصر مصنوعة من أنصاف النواقل كالترانزستورات أو الدارات الهجينية المعلبة أو الدارات المتكاملة (والدارة المتكاملة تضم أساساً مجموعة من الترانزستورات في عنبة واحدة)؛ والمضخم المثالي لا يضيف ضجيجاً أو يزيح طور الإشارة أثناء رفع المطال بشكل متساو في كامل حزمة التمرير. ولكن عملياً، هناك دائماً بعض الإزاحة الطورية بين مركبات التردد الأعلى والأخفض المارة في المكبر. وينتج عن ذلك تغيرات في الربح. ويوجد نوعان من التشويه ينبغي السعي لجعلهما في الحدود الدنيا وهما الربح التفاضلي وإزاحة الطور وهما المسؤولان عن خفض أداء النظام وغالباً ما يكونا السبب حين يعجز المستقبل عن دفع الإشارة لفاك التعمية descrambler.

مرشحات تمرير حزمة التردد المتوسط IF

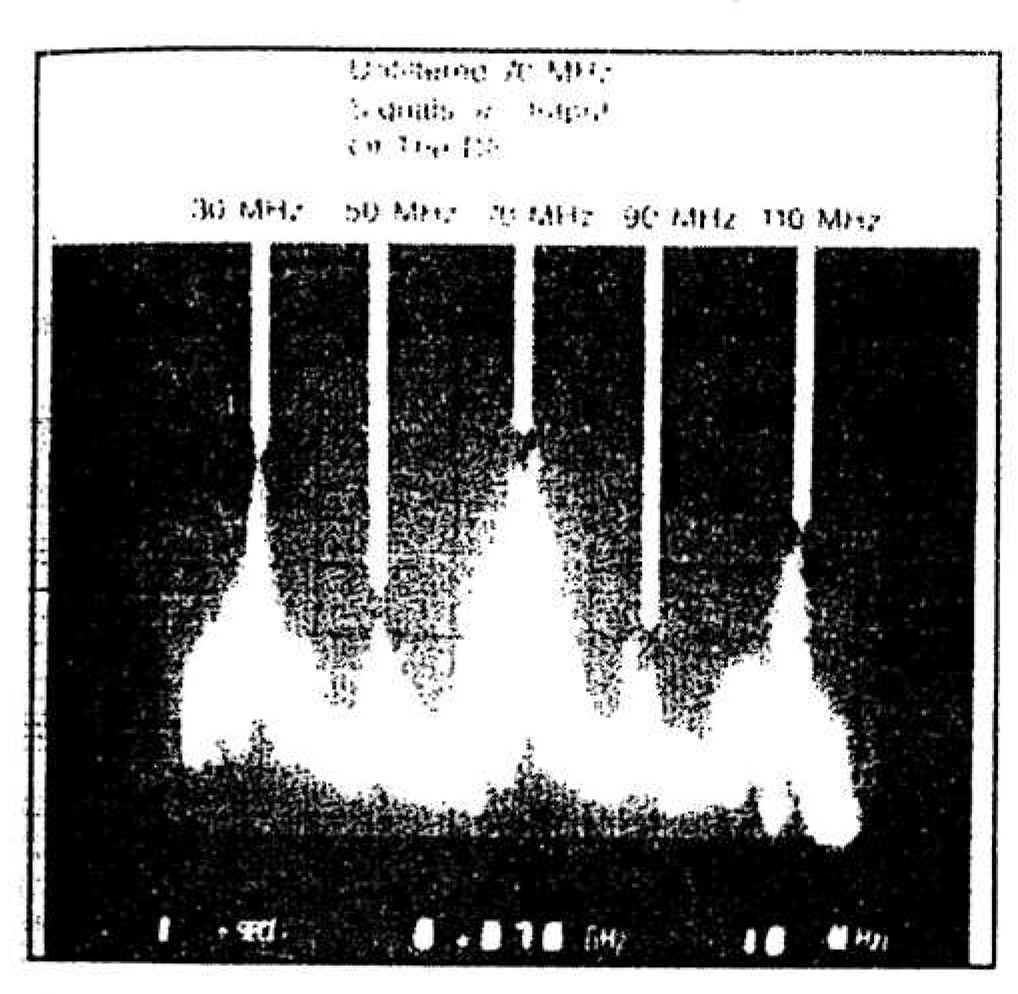
إن الغاية من مرشح تمرير الحزمة هو انتقاء مجال ترددي معين لتمريره فقط وهو بعرض 36 ميغاهرتز في الوصلة الصاعدة. ويحافظ على ذلك العرض في الوصلة الهابطة للإشارة. ولكن عند تصميم أنظمة الأقمار الفضائية المنزلية تراعى عوامل متباينة مثل الكلفة، حجم الهوائي، وكذلك مواصفات كتلة LNB وكتلة التوليف. ونتيجة لذلك، فإن كامل حزمة التمرير لقنال واحدة من أقنية الأقمار الفضائية هي عموماً من 22 وحتى 28 ميغاهرتز فقط.

ولكي يتحقق كشف إشارة الصورة والصوت، فيجب أن يكون عرض مرشح تمرير حزمة IF كافيا بحيث تمر المعلومات الضرورية دون تكبير للضجيج أو الإشارات غير المرغوبة. وهذا الترشيح يتحقق بصورة أساسية في الجزء الخاص بالتردد المتوسط من المستقبل.

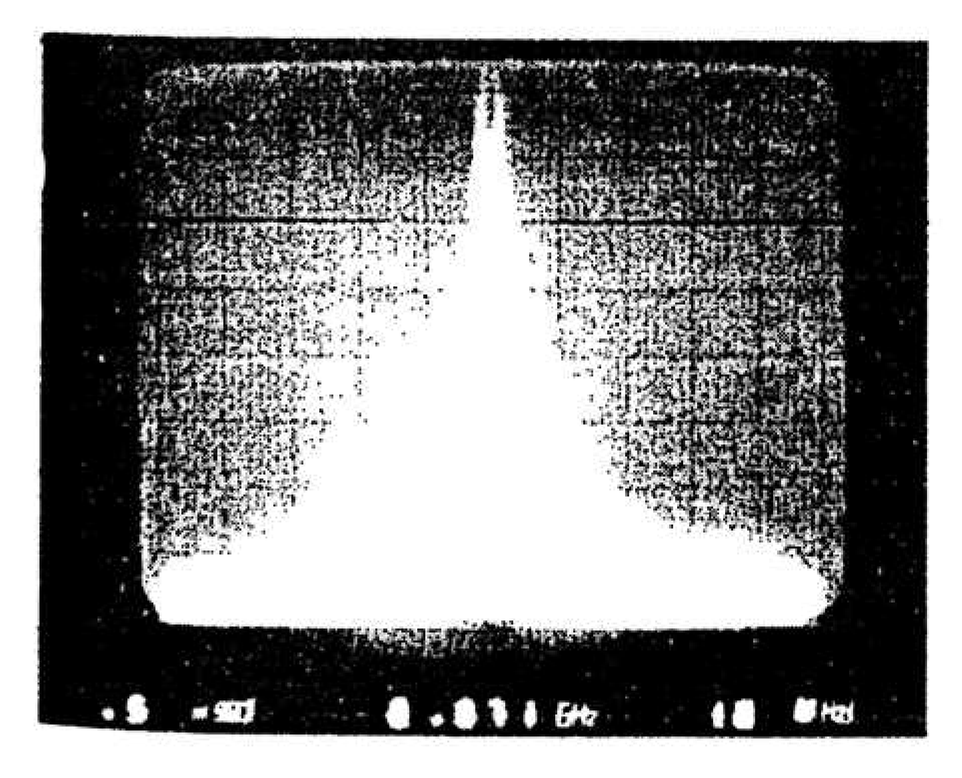
إن خرج كتلة التوليف هو تردد القنال المطلوبة متمركز على التردد المتوسط النهائي. وفي المثال التالي تم اختياره ليكون 70 ميغاهرتز. ولكن يمكن استخدام الدارات الأساسية بنفس الجودة على جميع الترددات المتوسطة الأخرى.

إن خرج كتلة التوليف يحتوي على جميع الأقنية إضافة للقنال المرغوبة والشكل 8-2 يظهر خرج هذه الكتلة على محلل طيف حيث توجد في الوسط إشارة القنال 7 من الحزمة C، وفي هذه الصورة تتمركز القنال 5 عند تردد 30 ميغاهرتز والقنال 9 عند 110 ميغاهرتز وكذلك القنال 11 متمركزة عند تردد 150 ميغاهرتز وهكذا...

الشكل 8-3 صورة أخرى لشاشة محلل الطيف أخذت عند دخل دارة المحدد وما تبقى هو إشارة 70ميغاهرتز ومجال ترددي 13± ميغاهرتز يحيط بها، لقد تم ترشيح جميع الأقنية الأخرى إضافة لتخميد الـ 5MHz العليا والسفلى للقنال المرغوبة لجعل نسبة الإشارة إلى الضجيج أعظمية.



شكل 8-2 خرج كتلة خفض التردد. هذه الصورة توضح خرج 70 ميغاهرتز قبل الترشيح. التردد المركزي للقنال المطلوبة هو 70 ميغاهرتز والأقنية المجاورة والتي لها استقطاب متصالب مع القنال متمركزة عند 50 و90 ميغاهرتز. في حين تتمركز الأقنية المتفقة معها بالاستقطاب عند تردد 30 و110 ميغاهرتز.

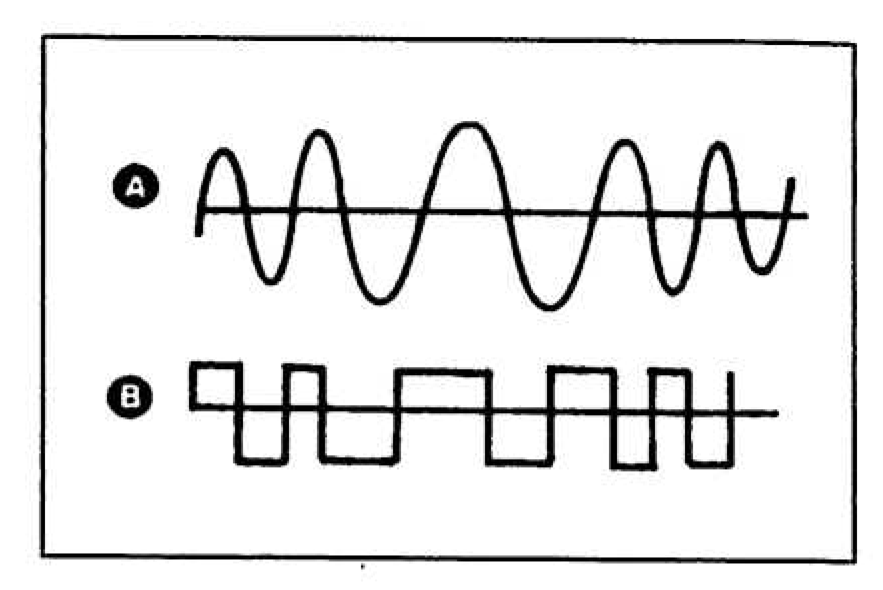


شكل 8-3 خرج كتلة خفض التردد بعد الترشيح. أخذت هذه الصورة ومفاتيح ضبط محلل الطيف في وضعها كما في الصورة السابقة ولكنها على خرج مرشح التردد المتوسط IF ودخل المحدد. يلاحظ تخميد جميع الإشارات وبقاء إشارة القنال المطلوبة.

دارات التحديد

بما أن معظم الكواشف في التعديل الترددي FM تكشف أيضاً إشارات التعديل السعوي AM المركبة على إشارة التعديل الترددي، لذلك من المهم قبل كشف تعديل إشارة الصورة حذف الضجيج المتولد عن التعديل السعوي لتجنب التقاطه. وهذه العملية تتم في دارة تسمى بالمحدّد.

يقبل المحدّد إشارات التعديل الترددي كما هو مبين في الشكل 8-4a ويقوم أساساً بقص النهايات العلوية والسفلية للأمواج الجيبية وينتج عن ذلك موجة مربعة لها نفس تردد الموجة الجيبية الأصلية.



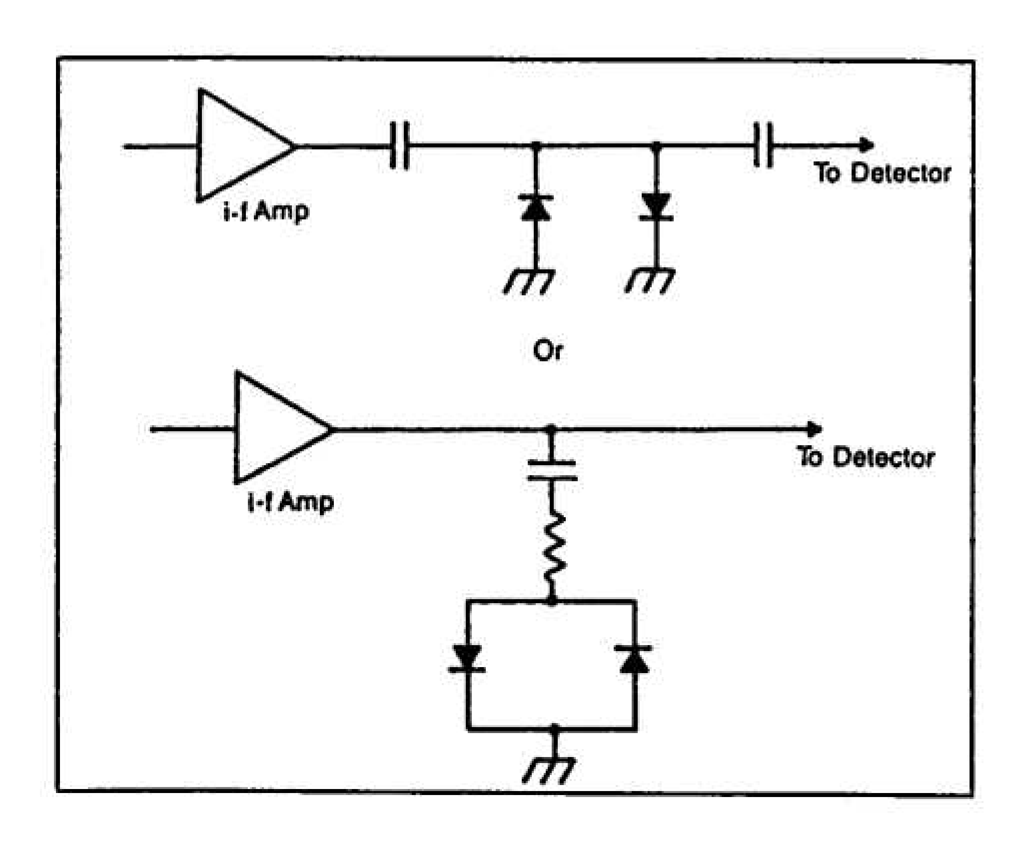
شكل 8-4 إشارات دخل وخرج دارة المحدد. الدخل (A) هو موجة جيبية معدلة ترددياً وهي ذات مطال واحد كما في الحالة المثالية. ولكن بما أن الضجيج معدل سعوياً ولوجود الضجيج في الجو وفي كتلة المكبر ذو الضجيج المنخفض وضجيج دارات التردد المتوسط، فهناك تغيرات في المطال ويتم قصها في المحدد لتبقى موجة مربعة ذات مطال ثابت كما في الحالة (B).

إذا كان الخرج يبدو كشكل مصغر لإشارة الدخل (لا يزال إشارة جيبية) يقال بأن المحدّد ناعم. وإذا كان موجة مربعة نظيفة، فهو محدّد خشن. وفي هذا التحليل، تكون نقاط التقاطع مع الصفر هي الهامة لأنها تفيد في تحديد التردد وبالتالي إعادة تركيب إشارة الإرسال. وإذا بقيت الإشارة على شكل موجة جيبية فسيرافقها تغيرات في الصفحة وما ينجم من تشويه لدى إعادة إشارة الصورة والصوت.

إن لم تكن دارة المحدّد مقادة بشكل كافٍ لسوء في التصميم أو لعدم وصول إشارة بمستوى عالٍ للمستقبل، فإن المحدّد يعمل كمحدّد ناعم ودارة الكشف سوف ترى إشارة الفيديو مع الضجيج الذي لا يزال مرافقاً لها إذ أن الإشارة المعدلة ترددياً FM يرافقها تعديلاً للصفحة.

أنواع المحدّدات

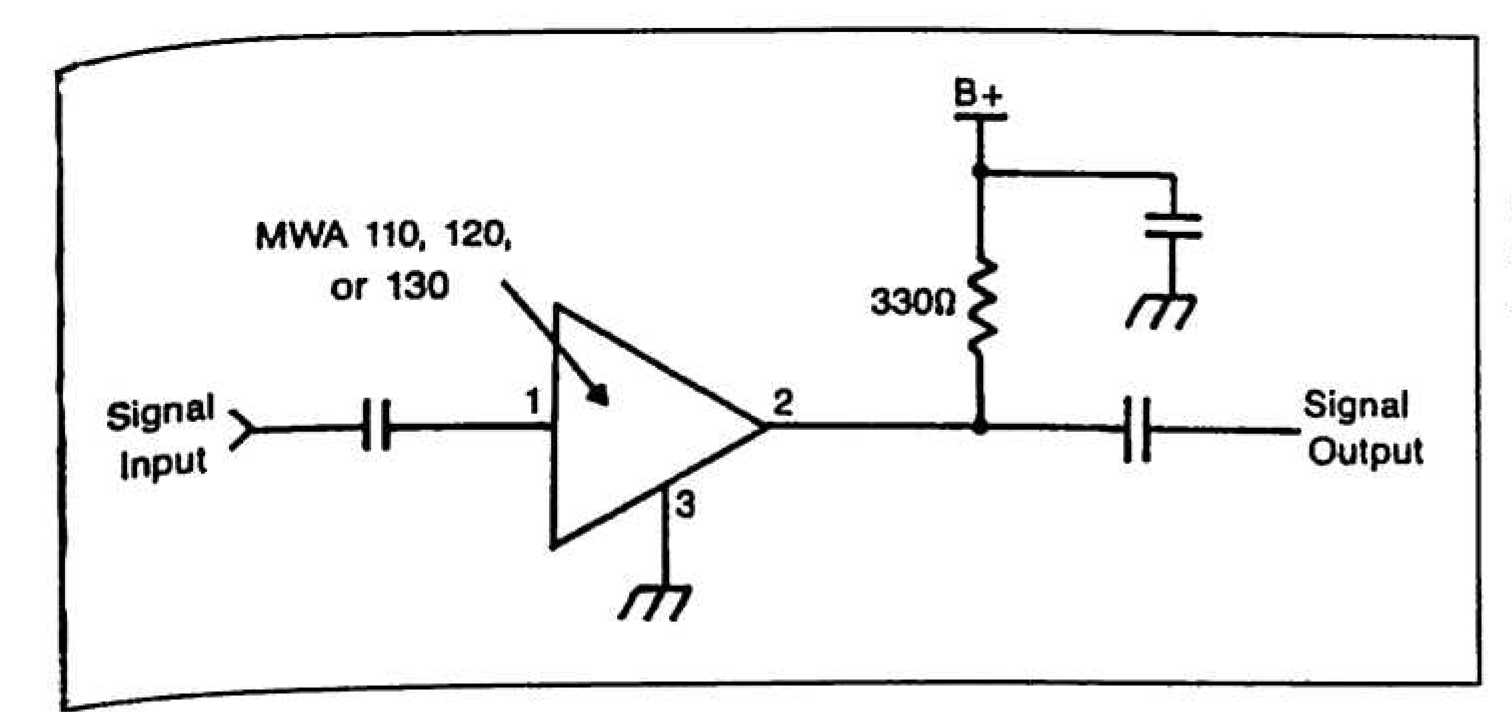
دارة المحدّد الأساسية عبارة عن ديودين مربوطين بين دخل الإشارة والأرضي. هذان الديودان سوف يقومان بنقل أو قصر الإشارة حسب تغذيتهما المباشرة. وفي حال ديودات الجرمانيوم، فإن جهد الاستقطاب هو 0.3V و 0.6V في حال الديودات السيلكونية. وإذا طبقت إشارة ذات استطاعة أكبر، فإن الخرج سيكون موجة مقطوعة ذات مستوى 0.6V أو 1.2V (انظر الشكل 8-5).



شكل 8-5 شكلين شائعين لمحدد ناعم. لدى تجاوز الجهد نقطة العتبة للديودات، فإنها تقصر الإشارة الموجبة أو السالبة الزائدة إلى الأرض وشكل الخرج قريب من الموجة المربعة. ولكن يلاحظ وجود بقايا ميلان ينتج عن طبيعة عمل الديود ويسبب بعض تعديل الصفحة للإشارة المتبقية.

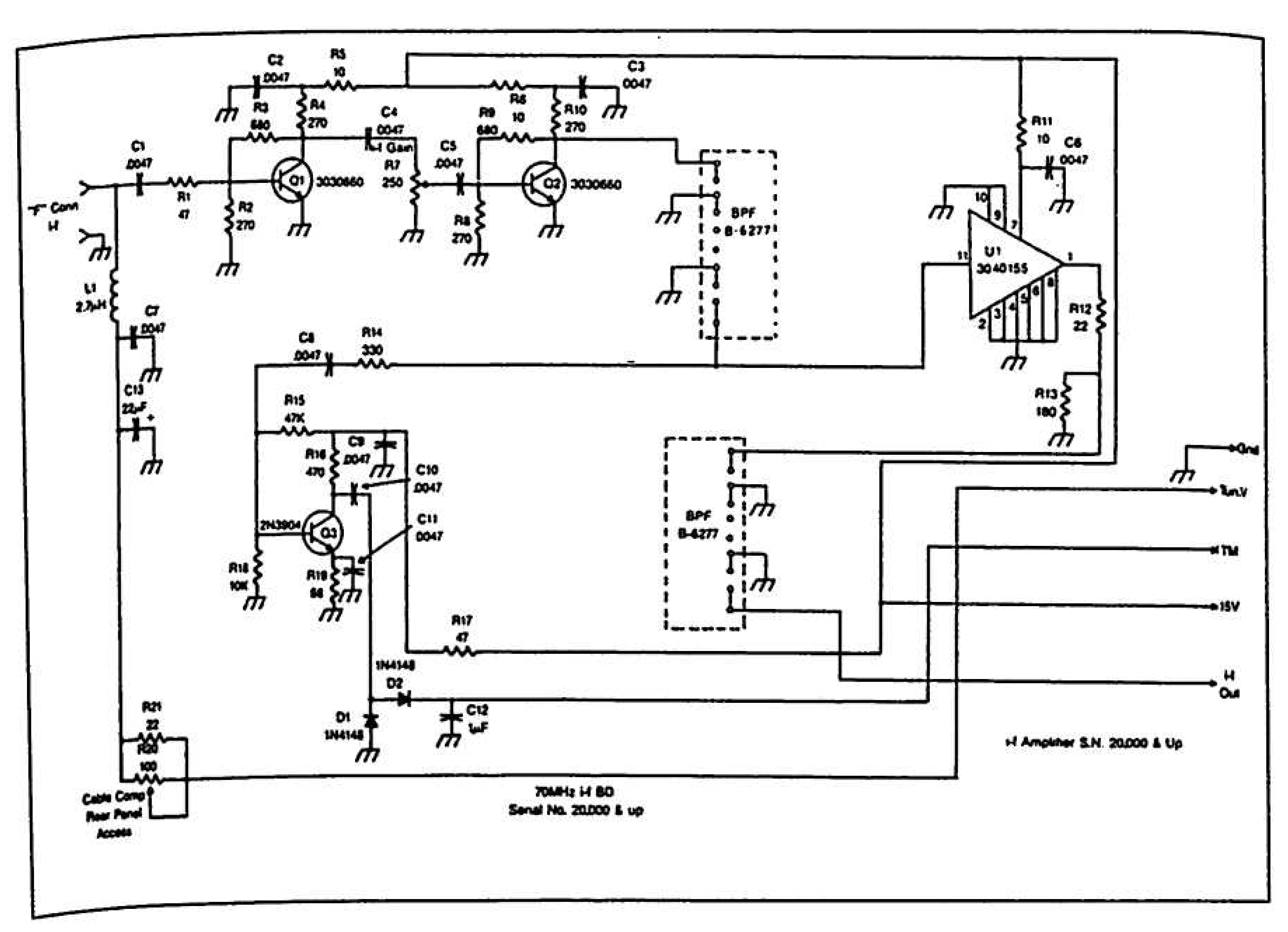
عندما يكون مستوى الإشارة أعلى من 1.2 فولت، فإنه ينتج إشارة مربعة تقريباً ومقبولة الشكل. ولكن حين تكون الاستطاعة منخفضة فهناك مزيد من تعديل الصفحة محتواة مع الإشارة ولن تتمكن دارة الكاشف من استعادة الإشارة الأصلية بدقة. ولا زالت المستقبلات الرخيصة جداً تعتمد هذا النوع من التحديد. يتكون المحدد الأفضل أداءاً من عدد من الدارات المتكاملة من العائلة ECL (emitter-coupled logic). وهذه العائلة هي سلسلة من الدارات المتكاملة السريعة المصممة لتعمل بسرعات عالية وهي مناسبة للترددات من رتبة 70 ميغاهرتز أو أكثر. هذه العناصر تقبل الإشارات الواردة وتستجيب إلى نقطة التقاطع مع الصفر ويكون الخرج موجة مربعة نظيفة.

إن الدارات المتكاملة 10114 ، 10115 ، 10116 و 10117 مستخدمة من قبل العديد من المصنعين وبعضهم الآخر اعتمد شرائح بوابات NAND الرباعية، 74S00 كمحدّد وبعضهم الآخر استخدم المكبر MWA130 في حالة الإشباع ليعمل كمحدّد أيضاً. في بعض مستقبلات أنظمة DBS الحديثة، تتضمن كتلة الناخب مرشح IF ومحدّد ويمكن أن يحتوي بعضها أيضاً على الكاشف (انظر الأشكال 8-6، 8-7، 8-8).



شكل 8-6 دارة شائعة تحيط بالدارة MWA110 .120 , 130. وتستخدم مكثفات العزل عند الدخل والخرج. blocking والمقاومة 330 أوم.

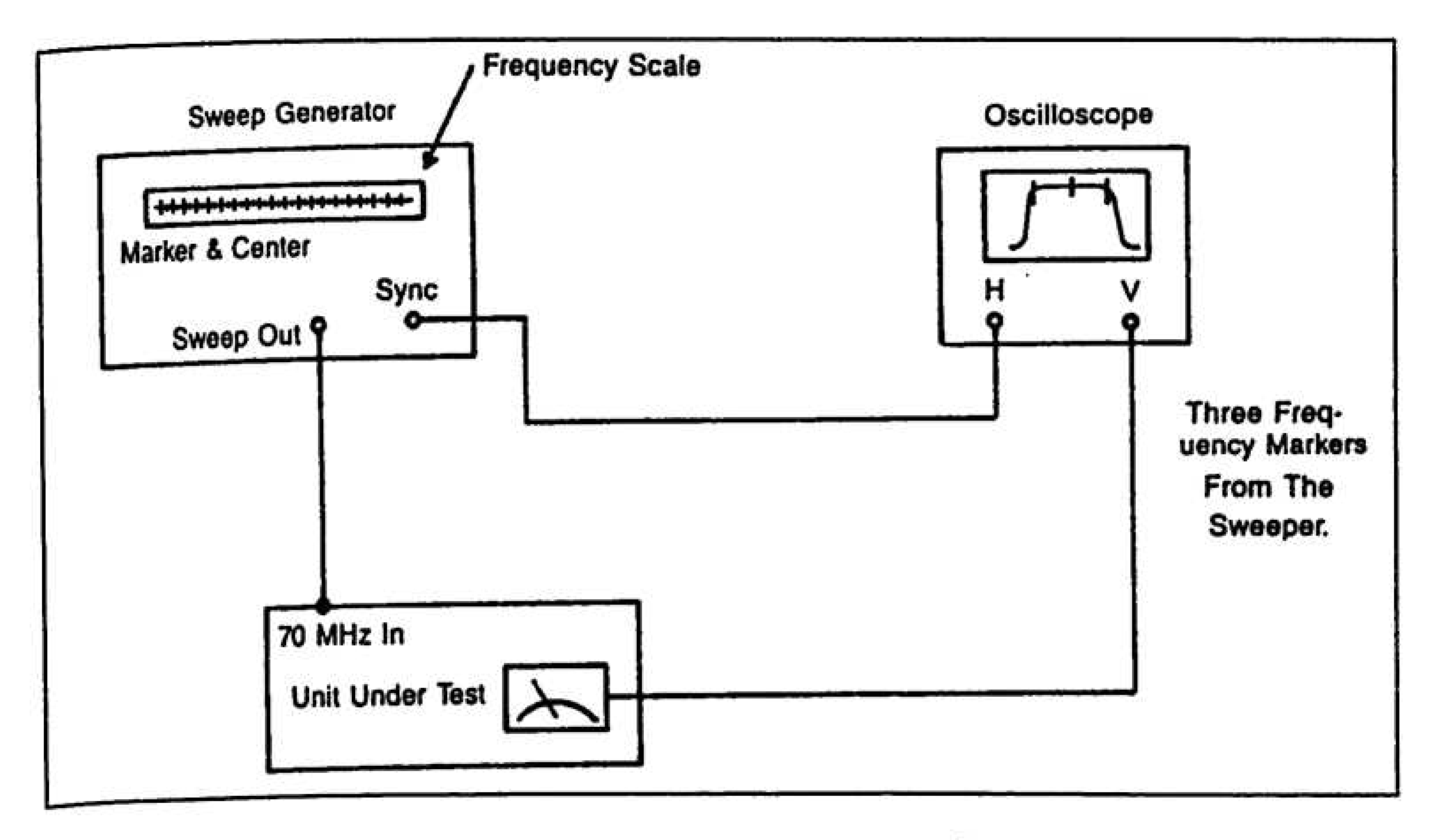
شكل 8-7 دارة تحديد لإشارة التردد المتوسط IF. تستخدم الدارة MC10115ECL لتضخيم وتحديد الإشارة معاً.



شكل 8-8 مخطط مكبر ومرشح لجهاز شركة Drake. تتضمن هذه الدارة مضخم وكاشف مؤلف من العناصر (D2,D1,Q3) ووحدة مرشح تمرير حزمة مؤلفة من 5 ملفات و 7 مكثفات.

مسح التردد المتوسط IF

في المستقبلات التي تحتوي على مرشح تمرير حزمة قابل للضبط ،يستخدم مولد مسح لتأمين إشارة مسح لحزمة تمرير المستقبل، وتستخدم نفس الإشارة كإشارة تزامن لراسم الإشارة بحيث تتكون صورة واضحة على الراسم. ويجب أن يكون مجال المسح ممتداً من (IF-20MHz) إلى (IF+20MHz).



شكل 8-9 مسح "sweeping" دارات التردد المتوسط IF. تؤخذ إشارات المدخل الشاقولي لراسم الإشارة من مقياس شدة الإشارة.

يظهر الشكل 8-9 طريقة التوصيل لمسح المستقبل .يتم وصل خرج الماسح بدلاً عن خرج كتلة الناخب tuner في المستقبل (المسماة دخل 70 ميغاهرتز في الشكل) ويوصل الراسم إلى المستقبل.قبل المحدّد مباشرةً .وغالباً ما يكون جهاز قياس شدة الإشارة هو أسهل موقع لاشتقاق فرع من الإشارة لإحتوائه على إشارة مكشوفة . وهناك وصلة يجب تحقيقها بين الماسح والتزامن الأفقي على راسم الإشارة.

ينبغي أن تكون شدة الإشارة مناسبة بحيث لا تصل دارات التردد المتوسط إلى حالة الإشباع وإلا فإن عملية توليف المرشح تصبح غير صحيحة من أجل إشارات القمر الاصطناعي ذات المستوى الأضعف. وهناك طريقة جيدة لمعرفة المستوى المناسب وهي:

أولاً– عدم تجاوز المؤشر لنصف تدرجات مقياس شدة الإشارة.

ثانياً– مراقبة منحني الاستجابة أثناء ضبط إشارة الدخل والحصول على أعلى مستوى مسطح عند القمة، حيث يكون مكبر التردد المتوسط في حالة إشباع. عندما يأخذ المستوى بالهبوط و يزداد الربح على راسم الإشارة نحصل على رسم يماثل الشكل 8-10.

i-I B/W In MHz	A	B
32	54	86
30	55	85
28	56	84
26	57	83
24	58	82
22	59	81
20	60	80

شكل 8-10. خرج مرشح IF نموذجي من دارة تردد متوسط 70 ميغاهرتز. العلامات B ،A يجب أن تُضبط على الترددات المعطاة في الجدول وفقاً للتردد المتوسط.

يستخدم المؤشر لتحديد موقع التردد. حيث يتولد في الماسح ويضبط لمسح حزم ترددية مختلفة. و يوضع المؤشر عموما عند نقاط الـ 3dB- من الطرفين وأيضاً عند التردد المتوسط المركزي IF وتعطى للمؤشرات التسمية A و B كما هو موضح في الشكل 8-10. من المفيد وجود عداد ترددي لضبط تردد المؤشر بدقة.

كشف الأعطال Troubleshooting

هناك ثلاثة مظاهر تشير إلى وجود عطل في مستقبل الأقمار الفضائية وهي عدم وجود صورة أو صوت، صورة باهتة وصوت خافت ،وأيضاً صورة خيال سالب. هذه المظاهر ذاتها يمكن أن تسببها كتلة الناخب، لذلك قبل العبث بملفات التردد المتوسط، يجب التأكد من إشارات دخل وخرج الناخب (انظر الشكل 8-11).

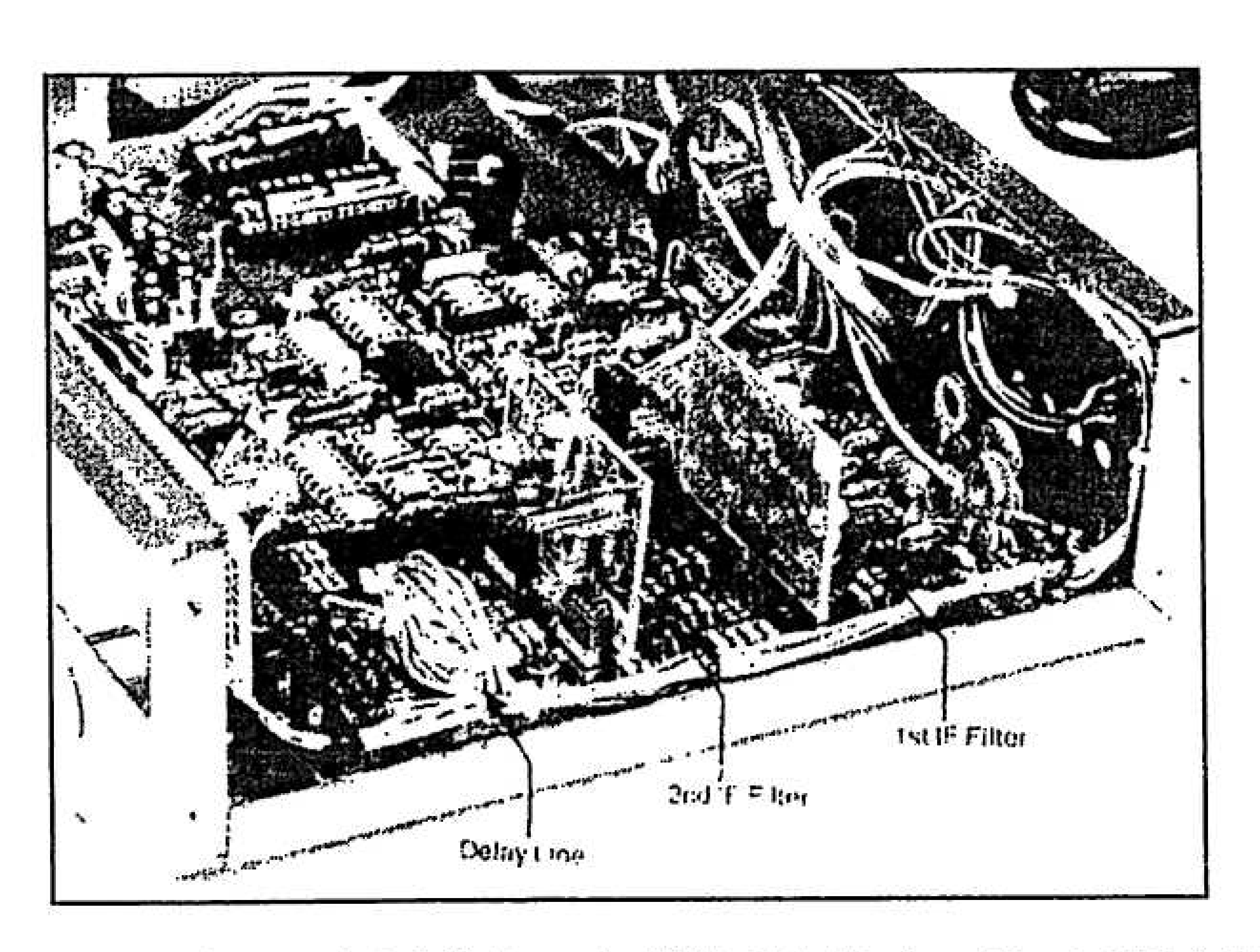
بوجود راسم إشارة ذو سرعة مسح 20 ميغاهرتز أو أسرع من ذلك، يمكن رؤية إشارة التردد المتوسط IF مباشرة باستخدام مجس كاشف. وإذا لم يتوفر المجس فيكفي وجود ديود جرمانيوم، حيث توصل إحدى نهايات المجس إلى الديود ويوضع الطرف الآخر للديود على الدارة. إن قطبية الديود لا أهمية لها على الرغم من تأثيرها على قطبية إشارة الفيديو على الراسم وهذه الطريقة تسمح برؤية عناصر الإشارة المرئية في التردد المتوسط. إذا تم إظهار الإشارة مباشرة دون مجس الكشف فإن النتيجة سوف تكون رسمة مبهمة تتعلق بأعلى تردد لراسم الإشارة.

إذا وجد عطلٌ في إحدى مراحل التردد المتوسط، فهناك عموماً تسريبٌ كافٍ للإشارة يجتاز المرحلة العاطلة عن العمل.

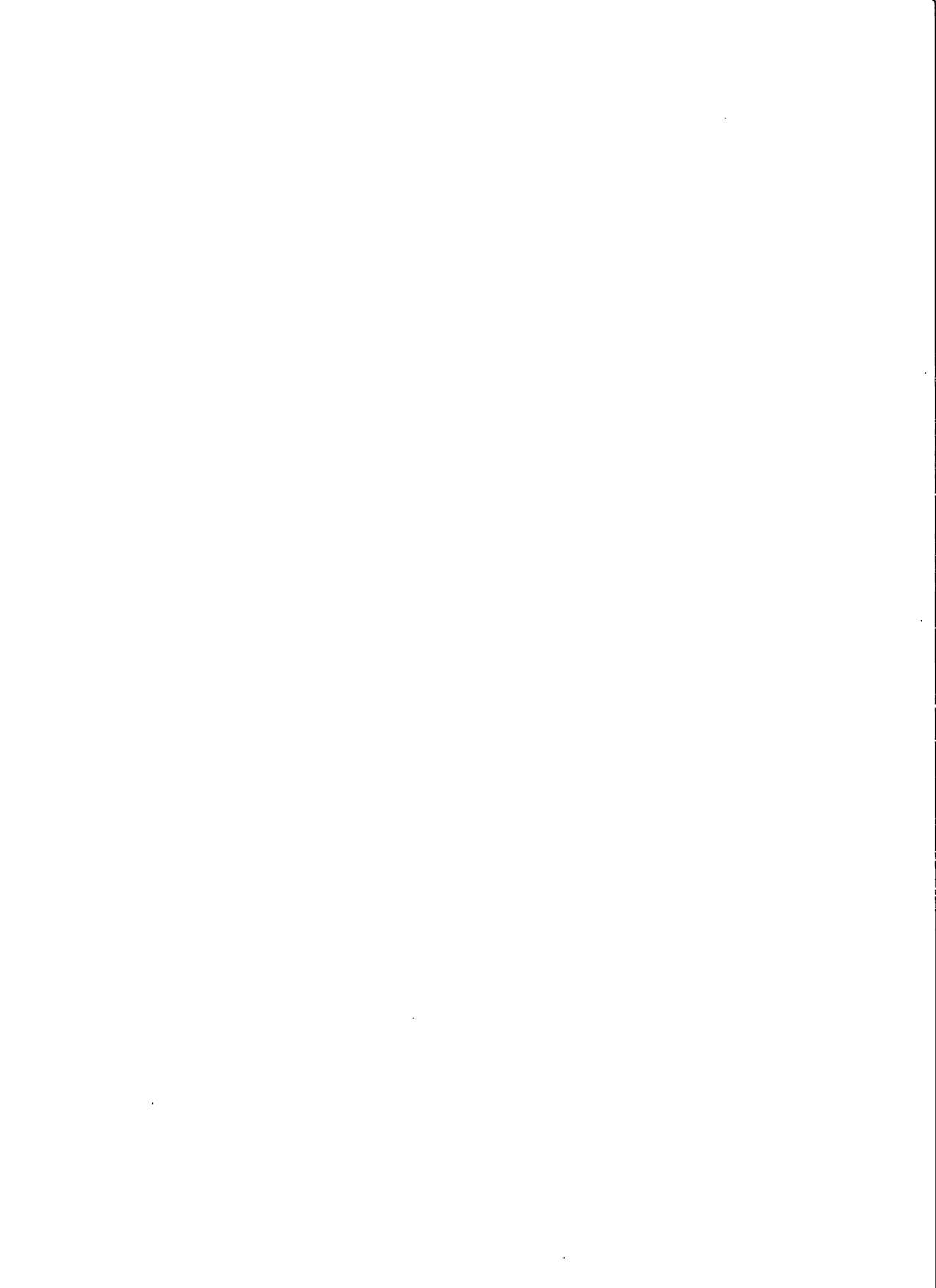
وما لم تكن هذه المرحلة دارة ملاحق-باعث emitter-follower، فإنه سوف تتشكل صورة سالبة لكونها عكس الإشارة التي كان من المفترض أن تُعكس في المرحلة العاطلة. من جديد،يمكن وضع مجس على الدارة لتحديد موضع فقدان الإشارة أو انخفاض الربح.

إذا تم العبث بمنفات مرشح التردد المتوسط، فينبغي إعادة الضبط الكامل وفي معظم الحالات.يكون هناك قطعاً في أسلاك الملف أو إزالة للفريت مما سبب غياباً كاملاً للإشارة .وغالباً ما تكون مظاهر العطل متمشية بومضات في الصورة. و في حال وجود دارة PLL، يكون هناك فقداناً للتقفل وبالتالي نقاطاً "دامعة tearing" في الانتقال من أسود/أبيض. وينتج عن ذلك صورة غير واضحة أو فقدانٌ في الصوت أو الألوان ويكون ضعف جودة الإشارة، فقدان الصوت أو الألوان أو ضعف شدة الإشارة معبراً عن احتمال عدم ضبط مراحل التردد المتوسط. ومن الطبيعي أن يسبب كسر أو إزالة فريت من موضعه إلى حدوث خلل في عمل النظام.

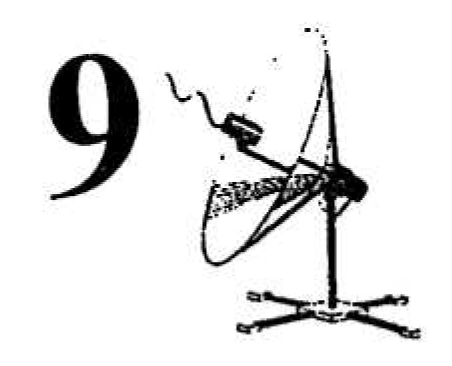
هناك عطل آخر يمكن حدوثه أحياناً، خاصةً حين يستخدم المرشح السيراميكي في مرحلة التردد المتوسط IF وهو الحساسية لتبدلات الحرارة والتي تسبب فقداناً للإشارة والصورة والألوان والصوت لدى ارتفاعها. وفي هذه الحالة ينصح باستخدام variac مضبوط على قيمة تزيد بحوالي 10% عن الجهد الأسمي وهذا يكفي لفصل العناصر التي تعمل على حافة خواصها نهائياً خلال نصف ساعة على الأكثر. ومن الممكن أيضاً استعمال الهواء الساخن للكشف السريع عن هذا العطل.



شكل 8-11. أمكنة توضع دارات مرشح IF وخطوط التأخير في مستقبل أقمار فضائية من صنع شركة Winegard.



9



معالجة الإشارة المرئية

Video Processing

ما أن يتم ترشيح الإشارة بمرشح تمرير الحزمة المطلوبة وإلغاء الضجيج المعدل سعوياً في المحدد، حتى تدخل الإشارة إلى الكاشف وتقوم هذه الدارة باستخلاص المعلومات من الحامل ومن ثم تلغي الحامل وتترك ما يسمى بإشارة الفيديو محطة الإرسال base band video. في أجهزة الراديو ذات التعديل السعوي أو في المستقبلات التلفزيونية، تدعى هذه الدارات بكاشف التعديل أو المميز Discriminator وذلك بحسب نوع الدارة المستخدمة. ولكن في عالم الاستقبال الفضائي لهذه الدارة تسميات أخرى، فالبعض يسميها بكاشف الفيديو وآخرون يدعونها بدارة الكشف و demod اختصاراً لدارة كشف التعديل.

دارات كشف التعديل

بغض النظر عن اسم ونوع الدارة ،تقوم دارات كشف التعديل بالمهمة ذاتها وهي أخذ حامل الإشارة في المجال الترددي الذي يزيد وينقص 18 ميغاهرتز عن التردد المركزي وتحويل التغيرات في التردد إلى إشارة مرئية وهذا يتحقق بطرق مختلفة .

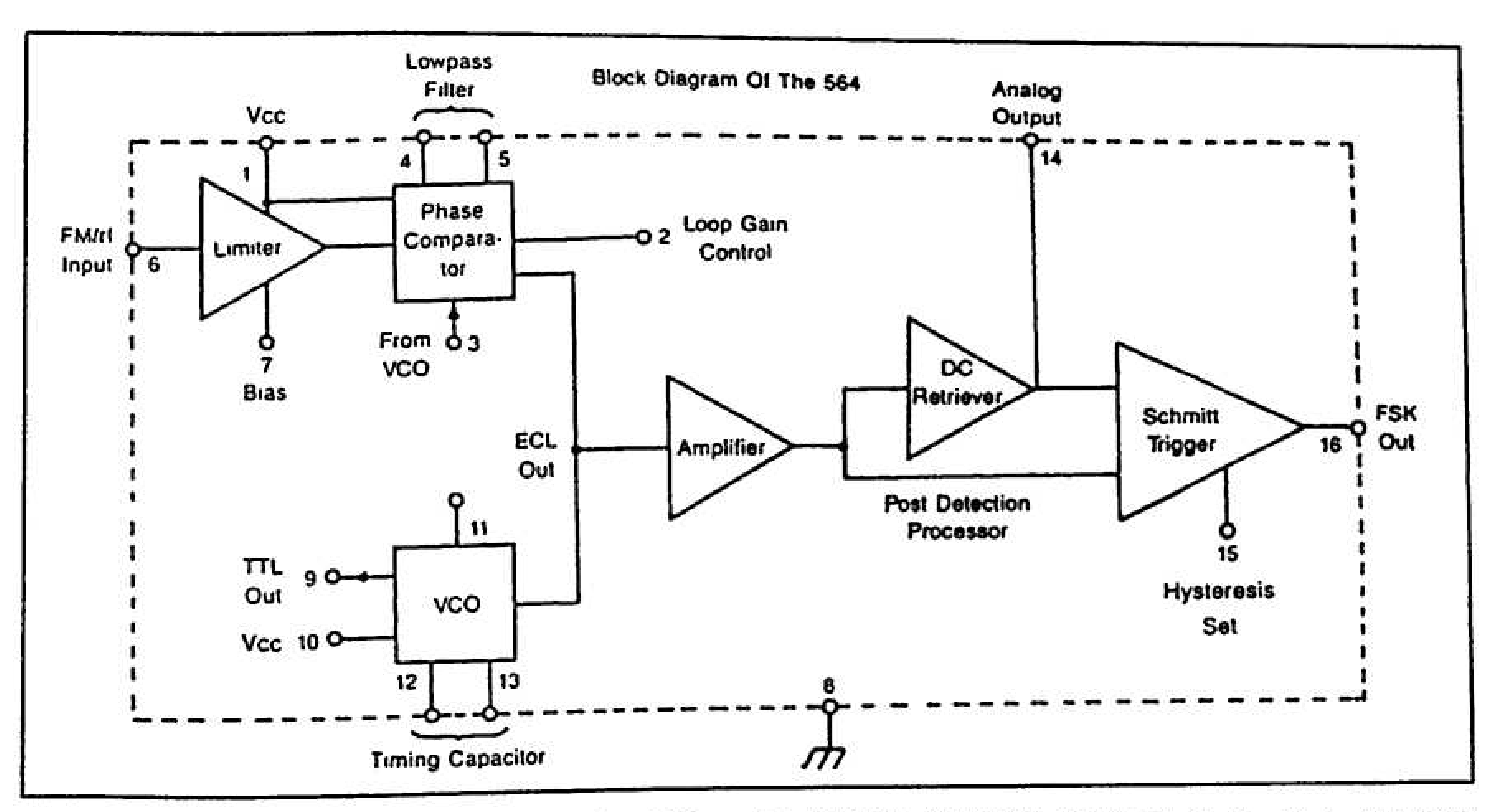
كاشف التعديل PLL

هذه إحدى أهم طرق كشف التعديل ذات الانتشار الواسع والمستخدمة في الجيل الأول من مستقبلات الأقمار الفضائية ويدخل في تصميمها دارة (PLL (Phase locked loop . لقد استخدمت الدارة NE564 المصنعة من قبل شركة Signetics على نطاق واسع. وكان أول تصميم لكشف التعديل باعتماد دارة PLL قد وضع من قبل الإنكليزي Steve Birkill. إذ أنه برهن في صيف عام 1978 على إمكانية عمل كاشف لاستقبال ترددات من مرتبة 4 جيغاهرتز تبث من أقمار فضائية، ثم ما لبثت العديد من الشركات أن اعتمدت دارات متكاملة مماثلة في المستقبلات.

إن دارة PLL تجعل كشف التعديل عملية بسيطة للغاية. إنها تقلل من الكلفة وتزيد من الحساسية معاً. المسألة المعقدة لدى استخدام الدارة NE564 كانت ولا تزال تتلخص بأن تردد العمل الأعظمي هو 50 ميغاهرتز .ولا حاجة للتأكد من أن بعض دارات PLL تعمل جيداً حتى تردد 100 ميغاهرتز .ولكن معظمها "لا تأتي بمعجزات " وقد كان أداء الجيل الأول من دارات PLL، التي استخدمت بوجود إشارة دخل ذات تردد 70MHz، ضعيفاً أو مقبولاً ويعود ذلك بشكل رئيسي لمحدودية المواصفات الترددية للدارة NE564.

لتحسين الأداء ،وجد بأن عملية تقسيم تردد الإشارة إلى النصف وأحياناً حتى الربع والتعامل مع التردد 35 أو 17.5 ميغاهرتز يحقق أداءاً فعالاً لأنه ضمن الخصائص الترددية لدارات PLLs.

تتألف دارة PLL من عناصر متنوعة (انظر الشكل 9-1). تطبق إشارة الدخل عبر الملمس 6 مباشرةً إلى دخل محدد يولد في الخرج إشارة بمطال ثابت يقود مقارن الصفحة .ومقارن الصفحة عبارة عن مازج متوازن مضاعف double balanced mixer يقوم بمزج خرج الهزاز المتحكم به بالجهد VCO الموجود على الملمس 9 والموصول مباشرةً إلى الملمس 3 مع خرج المازج، وتمر إشارة الفرق إلى مكبر وكذلك تعود بتغذية عكسية إلى المذبذب VCO.

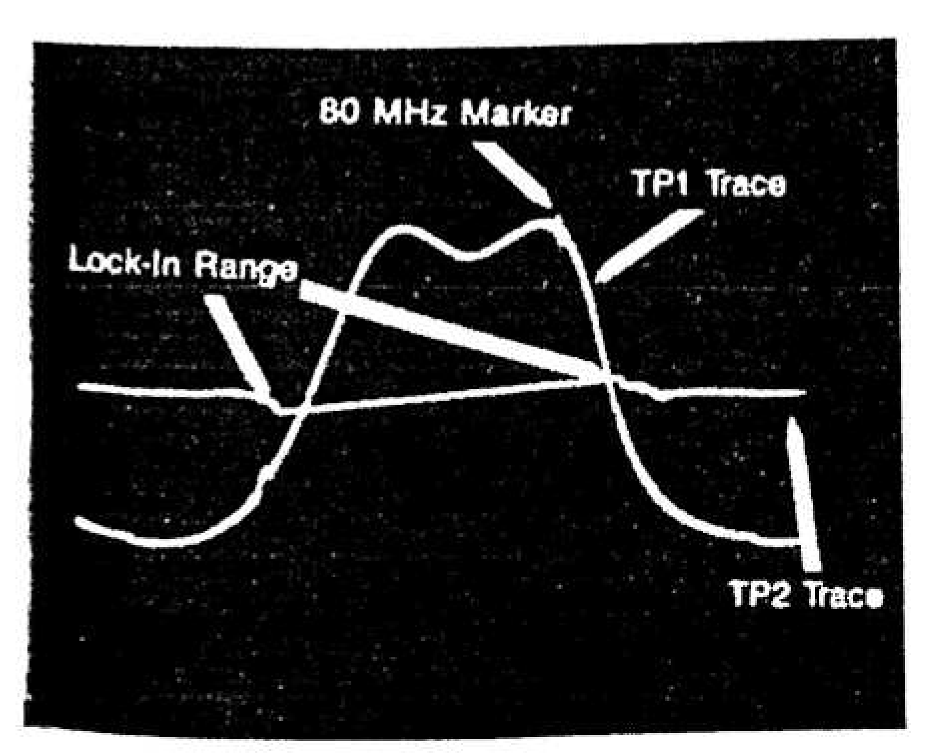


الشكل 9-1. مخطط صندوقي للدارة المتكاملة NE564 (حلقة القفل الطوري PLL). تتألف من مكبر. محدد. مقارن للطور وهزاز متحكم به بالجهد VCO. يغذي فرق الجهد بين تردد الهزاز VCO وتردد الدخل بتغذية عكسية ويعاد إلى الهزاز VCO بعد التكبير. تظهر إشارة الفيديو او الصوت المكشوفة على اللمس 14.

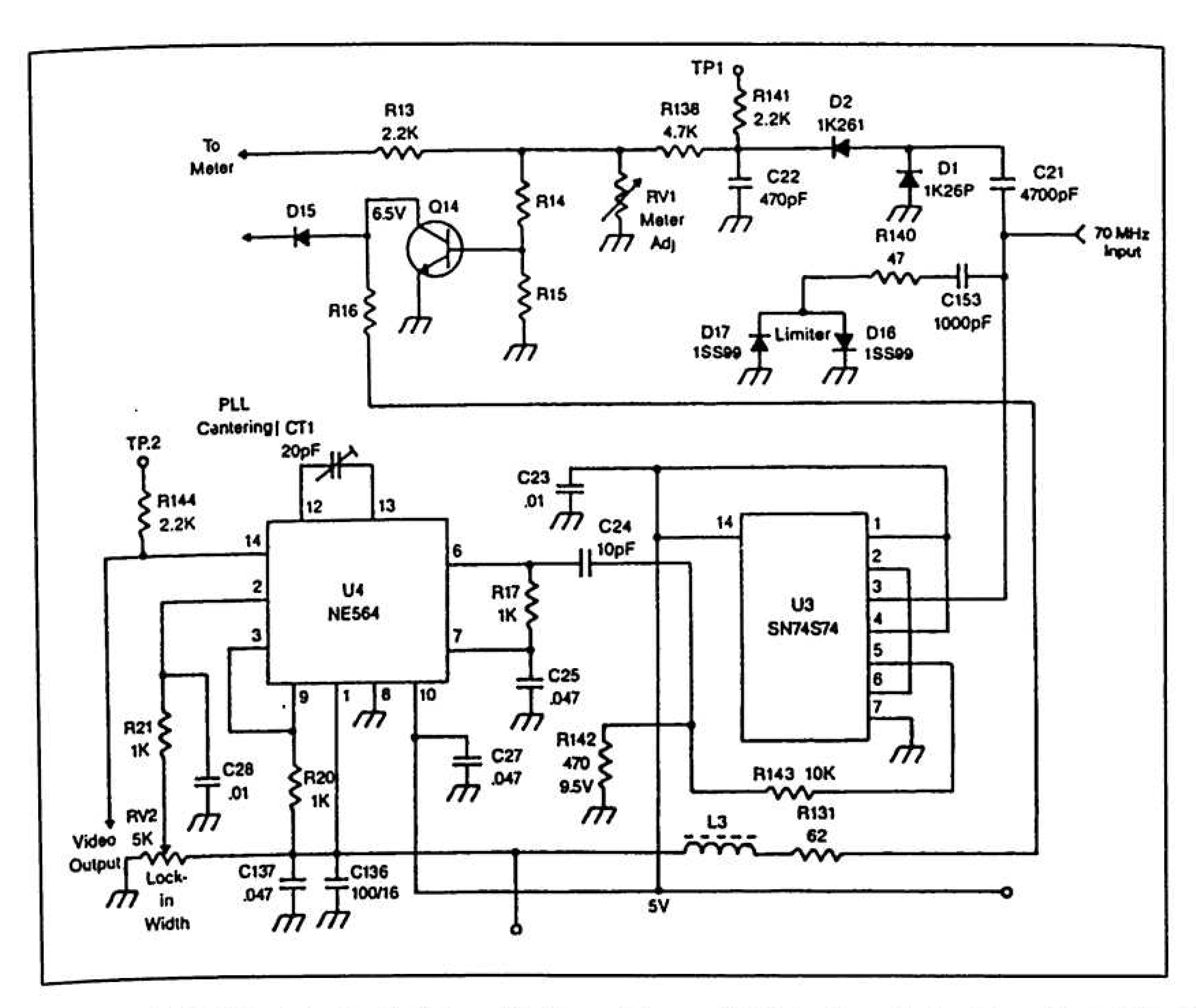
إن مهمة إشارة التغذية العكسية هي قفل المذبذب VCO على التردد الداخل. والمكبر عبارة عن مضخم ذو ناقلية تبادلية Transconductance واحدية ومقارن ويستخدم كمرشح تمرير منخفض يلي كاشف التعديل. يوجد هزاز ثنائي الاستقرار schmitt trigger في دارة PLL و لكن ليس له استخدام في تطبيقات المستقبل للأقمار الفضائية.

وبينما تحاول الدارة PLL القفل عند التردد الداخل للإشارة، يتغير الجهد عند الملمس 14 بتناسب طردي مع الفرق بين تردد الدخل وتردد العمل الحر للمذبذب VCO. ويمثل الجهد عند الملمس 14 تغيرات التردد التي تحصل في تردد الحامل للإشارة الداخلة، هذا الجهد هو نسخة عن إشارة الفيديو الأصلية. وتوجد مكثفة متغيرة عادة بين الملمسين 13،12 الغاية منها ضبط مجال القفل للمذبذب VCO على التردد الداخل. وعند استخدام دارة PLL لكشف الصوت تستبدل هذه المكثفة بثنائي varactor، وتخصص الملامس 2،1 و 10 لخطوط التغذية Vcc مباشرةً أو عبر مقاومات ذات قيم منخفضة.

إن دارة التقسيم الشائعة الاستخدام مع دارة PLL مبينة في (الشكل 9-3)، أما (الشكل 9-2) فيبين خرج الدارة.



شكل 9-2 مسح الدارة PLL. هذه الصورة تنجم عن مسح الدارة في الشكل 9-3. وتظهر استجابة المرشح IF عند نقطة الاختبار TP1 وكذلك مجال القفل لدارة PLL في النقطة TP2. إن عرض حزمة تمرير المرشح هو 26 ميغاهرتز وعرض الحزمة هذا مقاس بين النقاط التي تنخفض عندها الاستجابة بمقدار -3dB



شكل 9-3 دارة PLL مع مقسم على اثنين . تقوم الدارة U3 وهي عبارة عن Flip-Flop من سلسلة TTL بقسمة تردد الإشارة إلى النصف قبل وصولها إلى الدارة المتكاملة NE564. مهمة الدارة 7474 هي ايضاً تحويل الإشارة لتصبح رقمية، لذلك فإن المحدد الناعم المثل بالديودات D16,D17 لا اهمية له في نقاء الصورة. والمكثف CT1 مهمتها هي ضبط دخل القفل لدارة PLL، بينما تفيد المقاومة المتغيرة RC2 في ضبط مجال القفل.

الدارة المتكاملة لكشف التعديل المتوازن

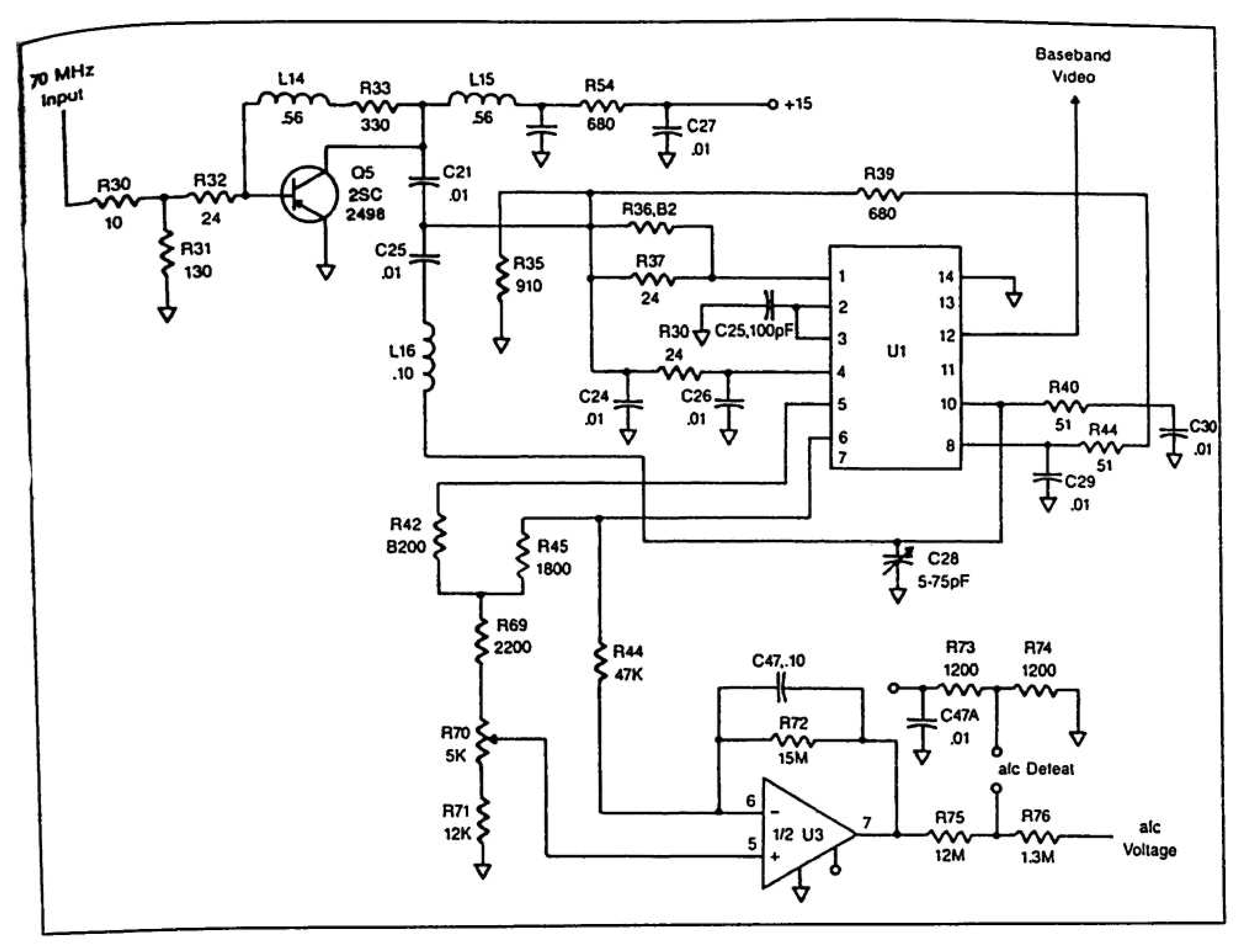
إن الدارة المتكاملة الأكثر شيوعاً لكشف التعديل المتوازن تحتوي أساساً الدارة 1496 وهي عبارة عن دارة متكاملة لمعدل/كاشف تعديل. وتقوم العديد من الشركات بتصنيعها ولذلك نجد في تسمياتها أحرف تصنيف مختلفة تسبق الرقم المذكور. فهي تسمى LM1496، MC1496، NE1496، NJM1496 والدارة 1496 تولد جهد خرج متناسب مع حاصل ضرب إشارة الدخل والحامل.

يوضح الشكل 9-4 دارة أساسية للتردد المتوسط IF 70 ميغاهرتز، ويرمز للدارة LM1496 بالحرف U1.

تربط إشارة الدخل ذات التردد 70MHz سعوياً مع المداخل (1) و (10). وهناك إزاحة طور للإشارة الواصلة إلى الملمس 10 يمكن ضبطها من خلال المكثف المتغير C28 . يمثل هذا الملمس دخل الحامل السالب، بينما الملمس 8 هو دخل الحامل الموجب أو الدخل المعاد. تمزج هاتين الإشارتين مع إشارة معاكسة بالصفحة على الملمس1 وهي إشارة الدخل الموجب، وعلى الملمس4 إشارة الدخل السالب أو المعاد، وينتج عن ذلك خرج متوازن للإشارة الفيديوية لمحطة الإرسال. توجد الإشارة السالبة ذات القطبية الطبيعية normal polarity على الملمس 12 في حين تكون الإشارة الموجبة ذات القطبية المعكوسة inverted polarity على الملمس 6.

ترسل إشارة الفيديو من الملمس 12 إلى ترانزستور قيادة Q6. بينما يرسل الخرج على الملمس 6 ذو القطبية المعكوسة إلى دارة التحكم الآلي بالتردد AFC. وتقوم المقاومة المتغيرة R70 بضبط مركزية AFC. يستعمل المكثف المتغير C28 لضبط المنحني S بهدف تحقيق التناظر.

يُعتمد هذا النوع من الدارات في كثير من المستقبلات وفي بعض أنظمة التعمية ذات الكلفة البسيطة مثل النظام الأمريكي الرائد لفك التعمية Telease حيث استخدم لإزالة الموجة المعدّلة المضافة إلى إشارتي الصوت والصورة.



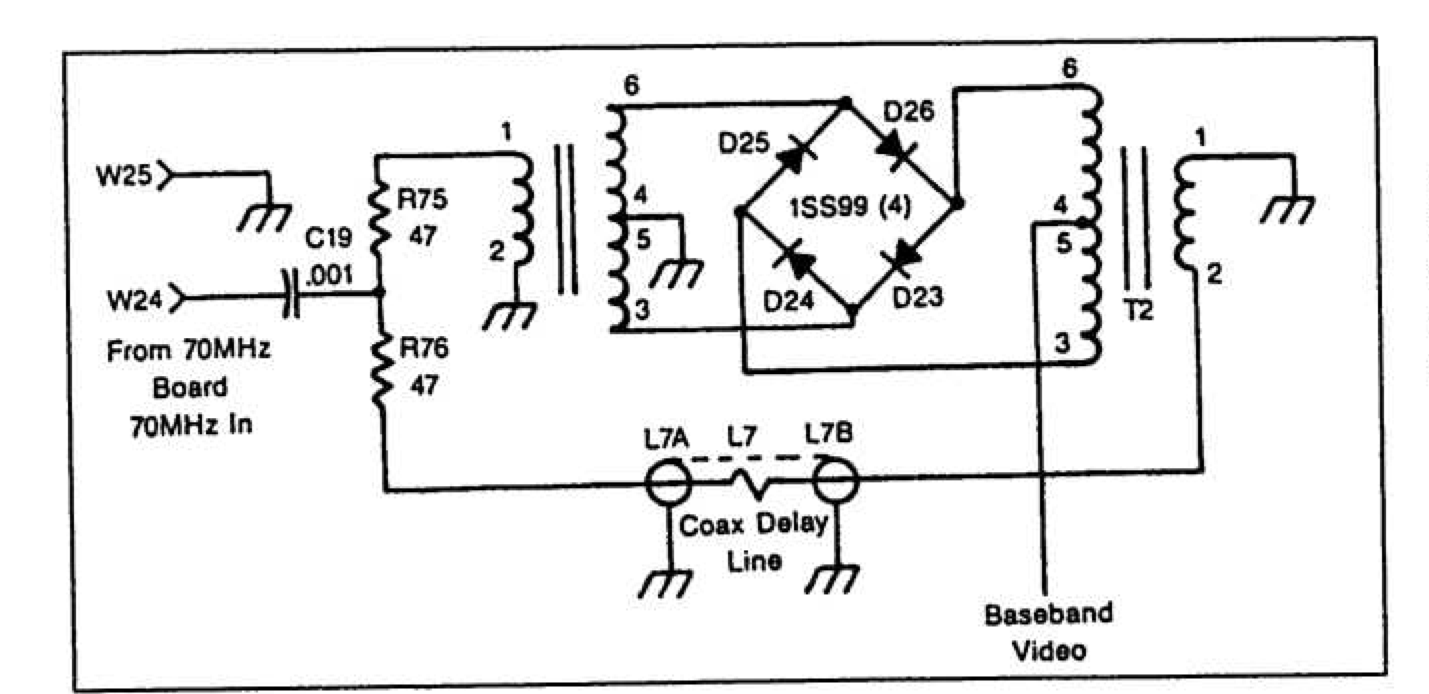
شكل 9-4 دارة كشف تعديل متوازن 1496. في هذه الدارة تمر إشارة 70 ميغاهرتز التي سبق تحديدها عبر الترانزستور Q5 الذي يقوم بتكبيرها لقيادة الدارة 1496. حيث يغذي خرجها دارات معالجة الصورة عبر اللمس 12 . وتقوم الإشارة التوازنة على اللامس 5 و6 بتغذية دارة التحكم الآلي بالتردد AFC.

مميز خط التأخير

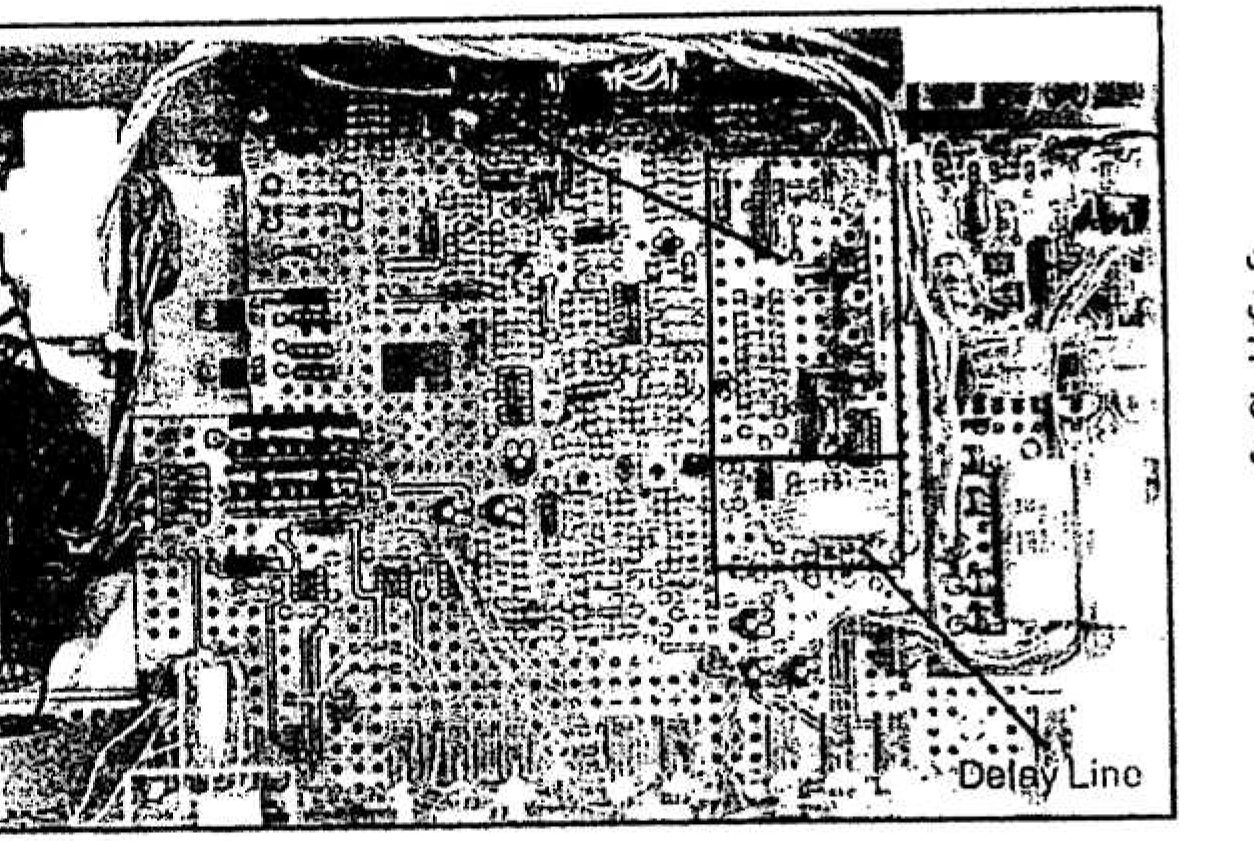
يتكون مميز خط التأخير عادةً من عناصر منفردة discrete وفي شكله الأساسي يكون المميز عبارة عن خط تأخير وثنائيين (Diodes). يقوم خط التأخير بإزاحة الطور لإشارة الدخل المطبقة بالتساوي على الثنائيين. ويكون خرج المازج هو جهد متناسب مع إزاحة التردد المطبقة على إشارة الحامل. ولدى تجاوز التردد المركزي الأسمي (70 ميغاهرتز مثلاً) يصبح الجهد موجباً. ومتى انخفض التردد دون 70 ميغاهرتز، يكون الخرج جهداً سالباً.

يستخدم في بعض مميزات خط التأخير شكل الجسر المتوازن. يبين الشكل 9-5 مثالاً لدارة أساسية من هذا النوع (انظر أيضاً الأشكال 9-6 و 9-7). تقوم هذه الدارة بتجزئة إشارة الـ 70 ميغاهرتز إلى قسمين عبر مقاومتين 47 أوم . تمر إحدى الإشارتين في خط التأخير 3/4 طول الموجة وتمر الأخرى إلى محول يكون فيه وسط الملف الثانوي مؤرضاً ونحصل على إشارتين بينهما فرق بالصفحة مقداره 180 درجة تتولدان عند طرفي المحول وإلى الملف الأولي لمحول آخر تصل الإشارة المؤخرة. وطرفا المحول الثانوي موصولان إلى جسر التقويم أو المازج المتوازن المضاعف كما يسمى في هذه الحالة.

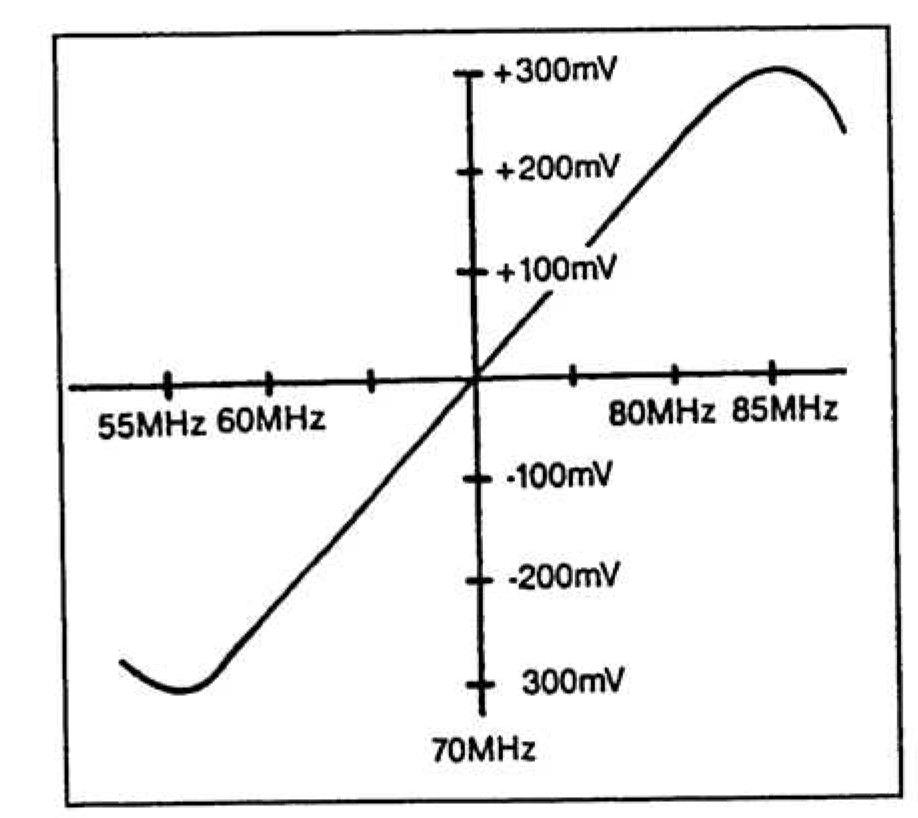
تؤخذ إشارة الفرق من وسط الملف الثانوي لمحول الإشارة المؤخرة، وعندما يتغير التردد يتغير معه فرق الصفحة بين الإشارتين وينعكس ذلك على ما يسمى بالمنحني S المبين في الشكل 9-7. فحين يكون تردد الدخل 70 ميغاهرتز تماماً يكون الخرج صفر فولت. وإذا ازداد التردد عن 70 ميغاهرتز يصبح الجهد موجباً أكثر وكذلك يصبح سالباً أكثر إذا انخفض التردد عن 70 ميغاهرتز.



شكل 9-5 مميز خط التاخير . دخل مميز خط التاخير هو موجة مربعة بمطال 5 فولت من دارة المحدد. الثنائيات الاربعة والمحولان تشكل مازج متوازن مضاعف (DBM) يستخدم لكشف إشارة الفيديو طوريا.



شكل 9-6 خط تاخير ودارة تردد متوسطIF. إن خط التأخير ودارات التردد الوسطي الموجودة في مستقبل الأقمار الفضائية لشركة Conifer تماثل تماماً الوحدات المناظرة لها في منتج شركة Drake. وهذه المكونات مبينة في الصورة.



شكل 9-7 خرج مميز خط التاخير. يظهر هنا جهد الخرج من مميز خط التأخير للدارة الموضحة في الشكل 9-5. مع ازدياد التردد من 55 وحتى 85 ميغاهرتز يزداد الجهد من-300 وحتى+300 ميلي فولت . وعند تردد 70 ميغاهرتز يجب أن يكون الجهد صفر فولت إذا كانت الدارة تعمل بشكل مثالي.

إن تغيرات الجهد تولد من جديد إشارة الفيديو الأصلية ويتراوح مطال الإشارة عادةً بين 100 و 200 ميلي فولت من القمة إلى القمة. وتدفع هذه الإشارة إلى جهات مختلفة في المستقبل، إذ تذهب إلى دارة التحكم الآلي بالتردد AFC وإلى خرج الإشارة الأصلية baseband وإلى دارة كشف الصوت ودارات الفيديو.

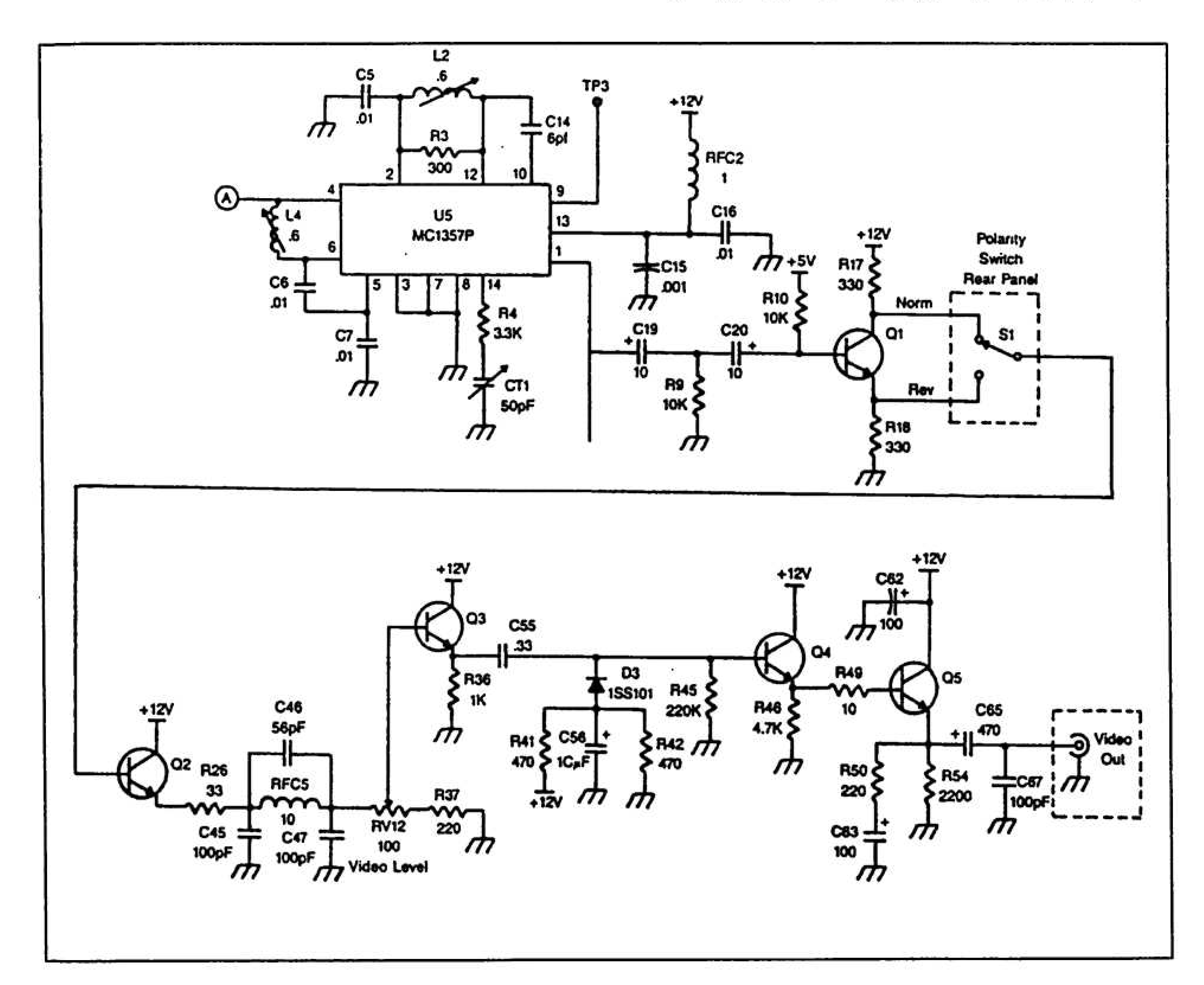
الكاشف التربيعي Quadrature detector

يشبه الكاشف التربيعي مميز Foster- Sealy، إذ يعالج إشارة 70 ميغاهرتز بقسمتها إلى إشارتين متوازنتين بينهما فرق في الطور مقداره 90 درجة ويعاد جمع الإشارتين مع توافق في الطور وتباين في الطور أيضاً وذلك لكشف تعديل إشارة الفيديو للإشارة الأصلية.

إن الدارة 1357 هي الأوسع شهرة واستخداماً في الكاشف التربيعي وقد صممت لكشف إشارة التردد المتوسط 10.7 ميغاهرتز للتعديل الترددي FM الراديوي القياسي ولكنها تعمل جيداً لأجل

تردد 70 ميغاهرتز. وتوجد في الأسواق بتسميات مختلفة مثل LM1357، MC1357 و NE1357. ويبين الشكل 9-8 دارة كشف تربيعي لمستقبل أقمار فضائية حيث التردد المتوسط IF هو 70 ميغاهرتز. وهذا الكاشف مزايا تتعلق بجودة إشارة الفيديو وبمستوى العتبة Threshold تفوق مستوى الأداء لمعظم دارات PLL.

تدخل الإشارة إلى هذه الدارة عبر الملمس 4 ويكون قد تم تحديدها وترشيحها لحزمة بعرض 26 ميغاهرتز تقريباً. وهناك ثلاث نقاط ضبط فقط في هذه الدارة. فالملف (L4) يفيد في ملاءمة الدخل، والملف (L2) يعمل على تحديد مجال القفل التربيعي، أما المكثف CT1، فالغاية منه هي ضبط استجابة الإشارة الأصلية عند الترددات العالية. يشكل الخرج المكشوف لإشارة الفيديو للإشارة الأصلية في الملمس 1 أساساً لتغذية كاشف التعديل للصوت، ومقياس شدة الإشارة وباقي دارات معالجة إشارة الفيديو.



شكل 9-8 دارة كشف تعديل فيديوي باستخدام الدارة التكاملية لكاشف تربيعي 1357. صممت دارة الكاشف التربيعي 1357 للتردد الوسطي 10.7 ميغاهرتز في التعديل الترددي الراديوي FM وهي تعمل أيضا بأداء جيد من أجل تردد 70 ميغاهرتز. إذ تعطي خرجاً قوياً لإشارة فيديو يقارب 1 فولت من القمة إلى القمة عند الملمس 1 للدارة 1357.

كاشف النسبة Ratio detector

تستخدم دارة كاشف النسبة في عدد قليل من المستقبلات. والشكل 9-9 يوضح دارة كاشف نسبة. وهو يماثل باقي الكواشف من حيث توليد جهد موجب لدى تجاوز التردد المركزي ويتحول الخرج إلى جهد سالب مع انخفاض التردد عن التردد المتوسط المركزي. وهذا يتحقق من شحن وتفريغ المكثفات C6،C5 و C7 أثناء فتح وفصل الديودات CR5...CR8. إذا تم ضبط النظام على تردد 70 ميغاهرتز وكانت الإشارة متمركزة عند نفس التردد، فيكون جهد الخرج للتحكم الآلي بالتردد AFC معدوماً عند الوصلة J4.

الأعطال Troubleshooting

إن الظاهرة الأوسع انتشاراً التي ترافق العطل في دارة كشف التعديل هي فقدان الصورة والصوت، أو صورة مملوءة بخطوط أفقية أو أيضاً صورة معماة Scrambled. ويمكن أن تتحول شاشة التلفزيون إلى الأبيض والأسود بشكل كامل. وفي جميع الحالات تقريباً ،يتأثر الصوت والصورة معاً وهذا يعود إلى أن الصوت يتم كشفه من إشارة الفيديو وما لم يكن كشف إشارة الفيديو صحيحاً، فسوف نحصل على إشارة ضعيفة للصوت. فإذا كانت إشارة الصوت واضحة فالمشكلة هي حتماً في قسم معالجة إشارة الفيديو وليست في كاشف التعديل .

إن وجود صورة "دامعة" أسود وأبيض أو زيادة في مستوى الضجيج، يمكن أن يكون مرده إلى ضعف في الإشارة أو إلى أن المحدّد لا يعمل بصورة صحيحة. وإذا كانت دارة PLL مستخدمة ،فإن الظاهرة المذكورة تشير إلى احتمال أن يكون مجال القفل ضعيفاً أو أن التردد المركزي مزاحاً . كذلك يمكن استنتاج بأن استجابة الدارة للترددات العالية قد انخفضت.

وغالباً ما تعمل دارات NE564 PLL في حرارة مرتفعة ويتراجع أداؤها مع الزمن. وكما ذكرنا سابقاً ،فإن دارات NE564s لا يمكن استخدامها جميعاً من أجل تردد 70 ميغاهرتز أو حتى 35 ميغاهرتز. ينصح عادة بوضع الدارة على قاعدة لتجنب صهر اللحام عند استبدالها وما يتبع ذلك من كسر الأرجل أو ثنيها.

والدارات التي لا تعمل بصورة منتظمة يمكن أن يكون أداؤها عالياً في دارات كشف الصوت ما لم تكن عاطلة تماماً عن العمل؛ إذ أن تردد العمل الأعظمي لها هو دون 10 ميغاهرتز (كما هو الحال في كاشف الصوت). إن الإشارة عند دخل معظم دارات كشف التعديل هي موجة مربعة بجهد يتراوح بين 200 و500 ميلي فولت . والتردد المركزي يختلف من 70 ميغاهرتز وحتى 700 ميغاهرتز حسب التردد المتوسط IF المختار. يتم ضبط النهايات العليا والدنيا لتأرجح التردد بواسطة مرشح التردد المتوسط. فإن لم تكن الإشارة مربعة تماماً (أي تبقى محافظة على شكل موجة جيبية)، فإن المحدد هو المسؤول ويؤدي لصورة غير واضحة المعالم بسبب ضعف الاستقبال الناشئ عن عدم التزامن في الطور والذي يحدث في كاشف التعديل أثناء محاولة ملاحقة تغيرات التردد لإشارة المرسل وتبدلات الطور لموجة الحامل الباقية.

معالجة الإشارة المرئية Video processing

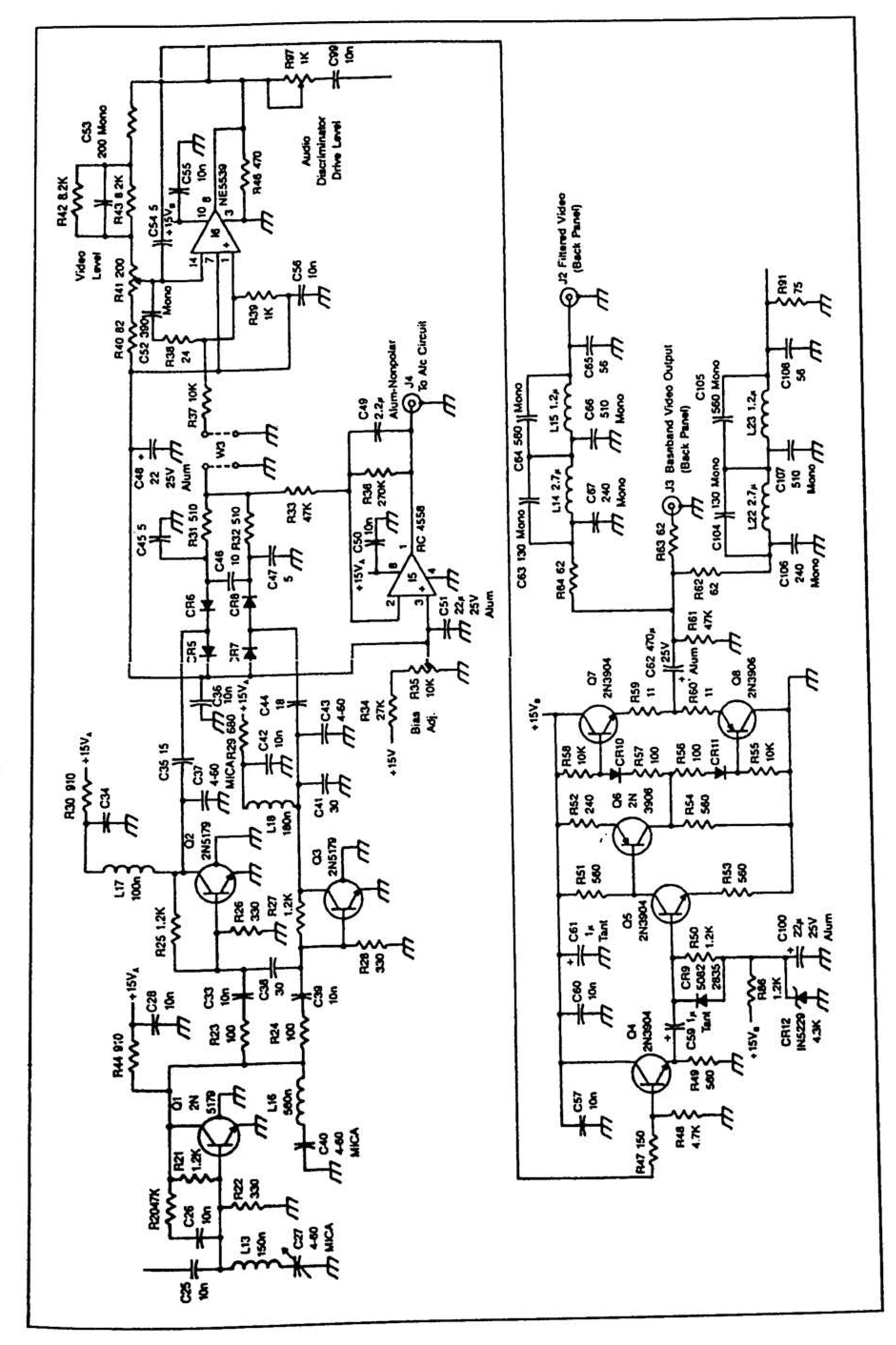
حالما يتم كشف الإشارة المرئية فإنه توجد ثلاثة مراحل معالجة يجب إنجازها قبل إرسال الإشارة إلى شاشة الإظهار لتلفزيون. في المرحلة الأولى ينبغي رفع مستوى الإشارة إلى 1 فولت من القمة إلى القمة وهو المستوى القياسي لإشارة الفيديو. وفي المرحلة التالية يجب خفض الذروة للترددات العالية لإشارة الفيديو وتعرف هذه العملية باسم video de-emphasis. وفي المرحلة الأخيرة يجب إزالة الموجة المثلثية المعدلة سعوياً ذات التردد 30 ميغاهرتز التي حُملت على الإشارة أثناء الوصلة الصاعدة. وهذه العملية تتم في دارة التحديد clamping لإلغاء إشارة البعثرة "dithering" الضرورية لنشر إشارة المرسل بهدف تجنب النقاط الحارة "hot point" في الإرسال.

يختلف مقدار التكبير المطلوب لتصل إشارة الفيديو إلى 1 فولت من القمة إلى القمة حسب الطريقة المتبعة في كشف التعديل . ففي مميز خط التأخير يكون مستوى الإشارة منخفضاً جداً بسبب الفقدان في الديودات وفي دارات الربط، حيث يتم تكبير الإشارة عبر عدة مراحل للوصول إلى المستوى المطلوب .

في الكاشف التربيعي مثل دارة 1357، يكون المستوى قد تم تكبيره في الدارة المتكاملة ووصل عند الخرج إلى 1 فولت وليس هناك حاجة لتكبير إضافي.

حالما تصل إشارة الفيديو إلى 1 فولت من القمة إلى القمة، تعبر شبكتين للترشيح .الأولى لخفض الذروة والأخرى عبارة عن مرشح تمرير منخفض. ويقوم مرشح خفض الذروة بلف الترددات العليا roll-off في الإشارة والتي تم إرسالها للحصول على استجابة مسطحة لإشارة الفيديو. تستخدم عملية رفع ذروة pre-emphasis في الأساس لتحسين نسبة الإشارة إلى الضجيج على إشارة الوصلة الصاعدة. ويستخدم المرشح الثاني لتخميد الحامل الثانوي للصوت والمتوضع فوق الترددات العليا لإشارة الفيديو وبذلك لا يتداخل مع الإشارة المرئية. وتتألف شبكة المرشح من العديد من الملفات والمكثفات والمقاومات. ويبين الشكل 9-10 مرشحاً معروفاً ومستخدماً في الإرسال بنظام NTSC.

في الوقت الحاضر، جميع إشارات الفيديو تقريباً المرسلة عبر الأقمار الفضائية ذات قطبية غير معكوسة. استخدمت منذ سنوات طريقة عكس القطبية لإشارة الفيديو كوسيلة أولى للتعمية ولكنها ضعيفة الحماية، إذ أن نبضات التزامن تختلط مع قمم الإشارة ذات المستوى العالي. ولدى محاولة جهاز الاستقبال التلفزيوني القفل على هذه الإشارة المعكوسة، فلن يستطيع الكشف عن نبضات التزامن الأفقي. وتظهر بالنتيجة خطوط سوداء متموجة وهي نبضات التزامن الأفقي المعكوسة والمرئية في أسفل وسط الشاشة.

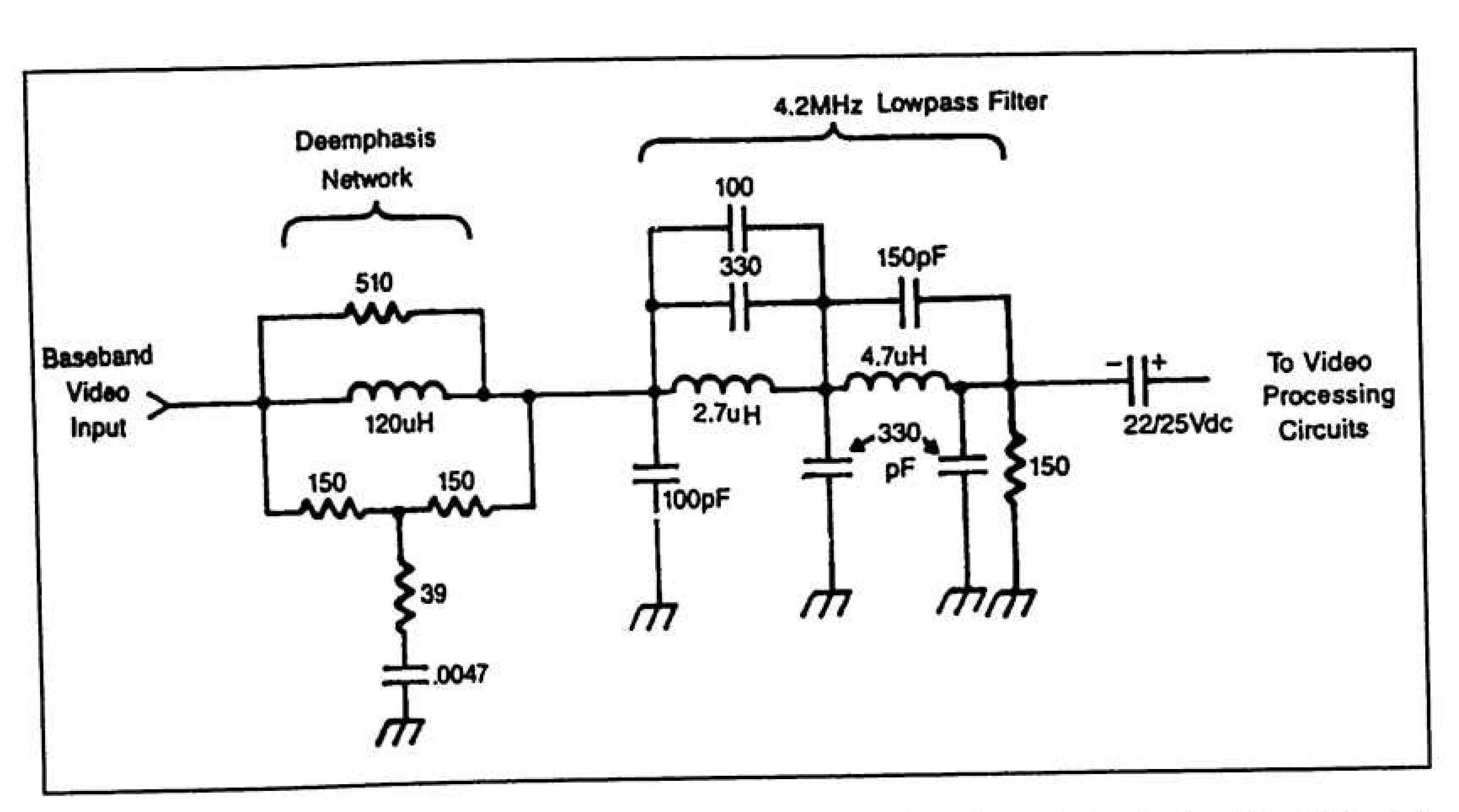


شكل 9-9 دارة مميز طور مصممة على عناصر منفصلة discrete. تعتمد هذه الدارة على العناصر المتوضعة بين الترانزستور Q3/Q2 و لإزاحة الطور بحيث يتحقق المنحني المبين في الشكل 9-7.

وهذا نفس المفعول تماماً عند إلغاء نبضات التزامن الأفقي في أنظمة التعمية بإلغاء التزامن. ومنذ أن وضع المصنعون مفتاحاً لقطبية إشارة الفيديو على مستقبلاتهم، فإن هذه الطريقة للتعمية أضحت عديمة الفائدة. وحالياً، لا توجد محطة إرسال واحدة تعتمد إشارة فيديو معكوسة. لذلك يوضع المفتاح عند الوضعية السالبة لكشف نبضات التزامن السالبة. ولأن إشارة الفيديو تمر عبر هذا المفتاح، فمن الممكن حدوث عطل فيه. ولكن هذا المفتاح يساعد في فحص دارات الفيديو من حيث أنه يتوضع عموماً بعد مرحلة تكبير واحدة على الأقل. فإذا لم توجد إشارة فيديو قابلة للقياس في هذه النقطة، فإن مفتاح القطبية هو أول عنصر يشك به.

غالباً ما يكون مفتاح القطبية لإشارة الفيديو موصولاً إلى خرج المكبر العملياتي الفيديوي 733 أو 592 حيث يوجد عند خرجه إشارة فيديوية متوازنة وهي عبارة عن إشارتين تختلفان بالطور بزاوية °180 درجة. وهما موجودتان كخرجين على الملامس 7 و 8. هاتان الدارتان متماثلتان تماماً ويوصل الخرجان إلى مفتاح SPDT (single-pole ,double throw) حيث يختار أحدهما للمرور عبر بقية عناصر دارة الفيديو. في هذا النوع من الدارات، يضبط مستوى الفيديو بواسطة مقاومة متغيرة مربوطة بين الملامس 3 و12 أو الملامس 4 و11 للدارة المتكاملة.

إذا لم تكن إحدى الدارات 733 أو 592 مستخدمة، فإنه يغلب وجود ترانزستور يقوم بمهمة عكس الدخل قبل وصله إلى أحد أطراف المفتاح. وفي الربط بطريقة الباعث المشترك ،تكون الإشارة على المجمع مختلفة بالطور بزاوية °180 درجة عن الباعث .لذلك يتم وصل المجمع والباعث إلى المفتاح ويمكن اختيار قطبية إشارة الفيديو. وهذه الطريقة في الوصل والفصل switching تحتاج إلى أن تتبعها مرحلة قيادة ويليها أيضاً عملية ضبط المستوى إشارة الفيديو.



شكل 9-10 دارة خفض الذروة de-emphasis ومرشح تمرير منخفض 4.2 ميغاهرتز من اجل نظام ارسال NTSC. في هذه الدارة تتم عملية خفض الإشارات العالية المستوى التي جرى تكبيرها اثناء الإرسال. ويقوم مرشح تمرير منخفض 4.2 جيغاهرتز بالعمل على تخميد الحوامل الثانوية للصوت بحيث لا تتداخل مع حامل اللون ذو التردد 3.58 ميغاهرتز.

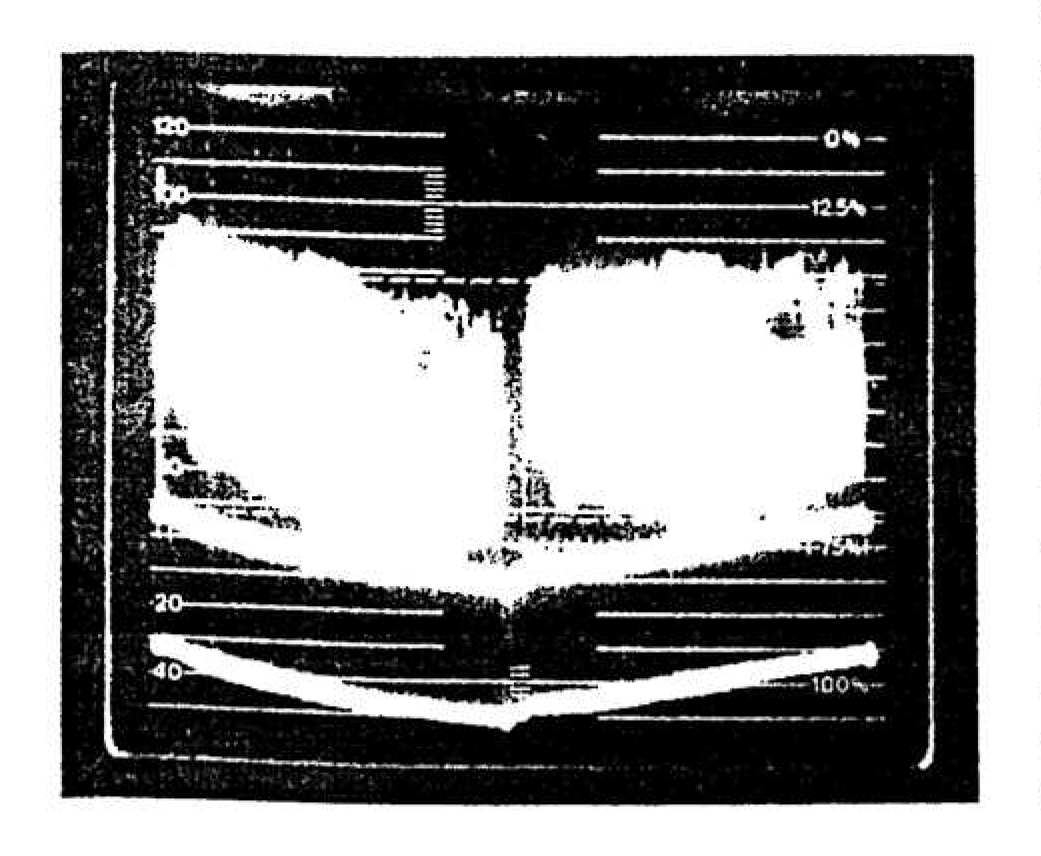
دارات التحديد Clmap circuits

المرحلة التالية لمعالجة إشارة الفيديو هي دارة التحديد. وتستخدم لإزالة الإشارة المثلثية المنخفضة التردد والتي أضيفت لإشارة الفيديو أثناء الوصلة الصاعدة. وتضاف إشارة البعثرة dispersal waveform لتوزيع الإشارة المرسلة لتجنب حدوث نقاط حارة "hot spots" على طيف إشارة الخرج المرسل. وهذا يؤمن عدم وجود تركيز للإشارة عند أي تردد لأية قناة وبالتالي منع حدوث تداخل من الإرسال الهاتفي.

بعد كشف التعديل، وإذا لم تلغى إشارة البعثرة فإنه ينجم عن ذلك تغيرات في جهد إشارة الفيديو ويترجم ذلك بتغيرات سريعة في شدة الإضاءة أو حدوث نبضات في الصورة التلفزيونية. وفي معظم المستقبلات التلفزيونية يستخدم عنصر يعرف بثنائي التحديد لإزالة هذه الموجة. وثنائي التحديد ليس عنصراً يمكن تمييزه بواسطة عدد لأنه يوجد الكثير من الثنائيات المختلفة والدارات المستخدمة لتحديد الإشارة. وتبين الصورة 11.9 شكلاً لموجة غير محددة.

وبما أنه يوجد من 25 إلى 30 إطار frame بالثانية في أنظمة NTSC.SECAM.PAL لإرسال الإشارة الفيديوية، فإن تردد إشارة البعثرة أيضاً هو 25 أو 30 هرتز. وفي هذه الحالة فإنه ليس من قبل الصدف حدوث هذا التطابق. في الواقع هناك تزامن بينهما. وتحقق دارات فك التعمية فائدة من ذلك لصحتها. وهذا سبب تطلب معظم أنظمة فك التعمية بأن تكون إشارة دخل الفيديوية غير محددة. حيث أن هذه الأنظمة تستخدم الموجة المبعثرة لتزامن الدارات فيها مع إشارة الإرسال وبذلك تقوم داراتها بفك الترميز decoding بعملية فك المعلومات وهي في الموقع الصحيح.

إذا أخفق الديود في التحديد.فالنتيجة هي صورة بومضات. وإذا حدث ذلك. ففي معظم الحالات يكون الديود عاطلاً ويشكل دارة مفتوحة. وهناك أنواع مختلفة من الديودات المستخدمة لهذه الغاية بدءاً من الديود الشائع 1N4148 ، إلى ديودات شوتكي 2800.5280 وحتى ديودات الحامل الحار 1SS101 hot carrier diode. ولا يمكن استبدال ديود عادي بديود شوتكي ولكن العكس ممكن إذا كانت جهود الدارة صحيحة.يتبع دارة التحديد دارة قيادة وبعض المكبرات الإضافية لإشارة الفيديو وتتألف المرحلتين الأخيرتين عموماً من ترنزستورات 2N222A أو من FETs . وتستخدم هذه العناصر من أجل تأمين ربح جهد معين والتأكد من أن الخرج ذو ممانعة منخفضة. إن جميع المستقبلات تقريباً لها ممانعة خرج فيديوية 75 أوم . وهذا يعني أنه يجب وضع حمل 75 أوم لتوليد إشارة خرج 1 فولت. وفي معظم الحالات يؤخذ دخل الفيديو لمعدل RF مباشرة من مرحلة القيادة الختامية.



شكل 9-11 إشارة مبعثرة 30 هرتز. تضاف إشارة البعثرة 30 هرتز إلى إشارة الفيديو في الحزمة C لمنع التداخل مع الإرسال الأرضي وتقوم دارة التحديد بإزالتها في المستقبل وإذا فصلت دارة التحديد فإن الصورة سوف تنبض بمعدل 30 هرتز.

الإشارة المرئية وإطارات الإرسال التلفزيوني
The video signal and television braodcasting formats

تحتوي الإشارة المرئية على جميع المعلومات الضرورية لإظهار الإشارة على الشاشة التلفزيونية على شكل "صور متحركة". وهي تتضمن إشارة التزامن لملاءمة التلفزيون مع النبضات الزمنية لخطة الإرسال وتشمل أيضاً معلومات النصوع Luminance وكذلك معلومات اللون. في شمال أمريكا وأجزاء من أمريكا الجنوبية واليابان وبلدان أخرى في العالم، يستخدم نظام NTSC وتنتشر أنظمة SECAM.PAL في أوربا وأماكن أخرى وهما غير متلائمان مع نظام البث NTSC. وتبحث هذه الأنظمة بالتفصيل في فصل آخر.

إن نظام NTSC هو الأقدم وكان قد طور خصيصاً للإرسال أسود/أبيض. وهذا يعني، بأنه ليس النظام الأفضل ولقد تم تطوير نظام قياسي لإضافة معلومات اللون في الإرسال مع نهاية الخمسينيات.

وبسبب وجود أجهزة تلفزيونية كثيرة أسود/أبيض، أضيفت إشارة اللون إلى إشارة الأسود/أبيض الموجودة سابقاً لضمان إمكانية الاستفادة من الأجهزة القديمة في استقبال البث الملون وهذه الخلفية تفسر لماذا تتراكب معلومات النصوع Luminance (أسود/أبيض) ومعلومات اللون Chrominance وهما لا تزالان إشارتان منفصلتان.

التزامن Synchronisation

لتمثيل الصور المتحركة لفلم أو فيديو ،يتطلب الأمر إرسال سلسلة من الصور المتلاحقة . وإذا وجدت 30 صورة أو إطار بالثانية، تبدو الصورة تتحرك بنعومة ومن أجل عدد أقل من 30 إطار بالثانية ينجم فقدان وضوح في النعومة بالإضافة إلى بعض الخفقان في الصورة. وفي أنظمة NTSC و SECAM/PAL يكون معدل تكرار الإطار 30 و25 مرة بالثانية وذلك على التوالي.

ولضمان أن لا يسبب الخفقان مشكلة، قرر المصممون أن يكون هناك 60 حقلاً بالثانية في نظام الإرسال الأساسي NTSC، وبذلك فإن كل حقلين يحتويهما إطاراً واحداً. ويتألف الحقل من 262.5 خطاً وتمسح الشاشة مرتين خلال كل إطار وهذه العملية معروفة باسم المسح المتشابك interlacing scanning وهي تقلل من الخفقان، إذ أن خطوط المسح للحقل الأول تقع بين خطوط المسح للحقل الثاني وهذا يتطلب أن تكون شاشة الإظهار على توافق تام مع إشارة الإرسال، لذلك يوجد نوعان من نبضات التزامن اللازمة لمسح الصورة.

التزامن الأفقي

تقدح نبضة التزامن الأفقي المذبذب الأفقي المتوضع في جهاز التلفاز. وعند هذه اللحظة تقوم إشارة المذبذب بإعادة حزمة الإلكترونات من الجانب الأيمن إلى الجانب الأيسر للشاشة دون أن تترك أثراً عنها. وتأتي تسمية فاصلة الإطفاء الأفقية blanking interval لتدل على الزمن الذي تستغرقه حزمة الإلكترونات للعودة إلى الجانب الأيسر من الشاشة حيث تبدأ برسم الخط التالي.

إن معدل المسح الأفقي يساوي عدد خطوط المسح المستخدمة في الإطار الواحد وهذا العدد يساوي 525، ومعدل تكرار الإطار هو 30 مرة في الثانية وبذلك تحدث نبضات التزامن الأفقي 15.750 مرة تقريباً في الثانية وذلك في نظام الإرسال NTSC

التزامن الشاقولي

يقوم التزامن العمودي بقدح مذبذب شاقولي في التلفاز أو في جهاز الإظهار لعودة حزمة الإلكترونات من أسفل الشاشة إلى أعلاها وذلك دون أثر لخط المسح. إن تردد التزامن العمودي هو نفس معدل عدد الحقول ويساوي 60 (في نظام NTSC) أو 50 (في أنظمة SECAM/PAL) مرة في الثانية. ونبضة التزامن العمودي هي أعرض بكثير من نبضة التزامن الأفقي، ولذلك فهي تستخدم لحمل العديد من المعلومات و منها العناوين والنصوص المرئية، ومنها إشارة اختبار الفاصلة الزمنية العمودية VITS وأيضاً المعطيات الرقمية وهذه جميعها يتم إرسالها غالبا من خلال فاصلة الإطفاء الشاقولية.

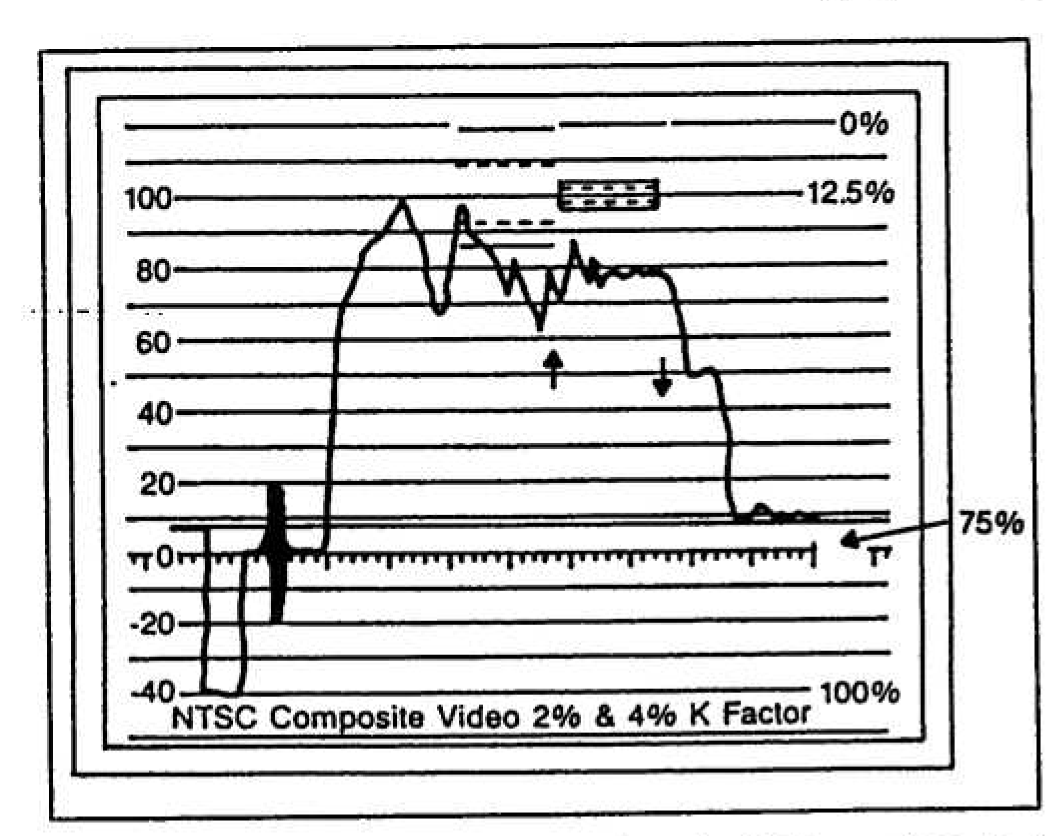
نبضات اللون Colour Burst

يضاف تزامن اللون إلى ذيل نبضات التزامن الأفقي ويتألف من ثمانية دورات (أو أكثر) لإشارة بتردد 3.58 ميغاهرتز (أو 4.43 في نظام PAL) وتقارن هذه الإشارة في قسم الفيديو من جهاز التلفاز مع خرج مذبذب اللون الذي يهتز أيضاً بتردد 3.58 ميغاهرتز ويجب أن يكون الطور للإشارتين متطابقاً بدقة وإلا فملاءمة اللون لا تكون صحيحة .ولدى ضبط اللون على جهاز التلفاز نقوم عملياً بضبط الطور لنبضات اللون مع مذبذب اللون في المستقبل.

قياس الإشارة المرئية

تقاس الإشارة الفيديوية NTSC بواسطة نظام صمم من قبل معهد هندسة الراديو IRE. في هذا النظام تقسم الإشارة الفيديوية ذات المطال 1 فولت من القمة إلى القمة إلى 140 وحدة IRE وهذه بدورها تقسم إلى 40 وحدة إطفاء أفقية و100 وحدة لمعلومات الصورة فوق مستوى الإطفاء الأفقي.

حين يكون المستقبل مضبوطاً بشكل سليم في نظام NTSC، فإن خرج إشارة الفيديو يجب أن يكون كما في الشكل 12-9، حيث تمتد نبضات التزامن الأفقي من 40- وحتى الصفر IRE. وتمتد نبضات اللون بالتساوي بمقدار 20± IRE على جانبي خط الإطفاء الذي يمثل الصفر المرجعي. إن أعلى نقطة في إشارة الفيديو تكون عند 100 IRE . هذا المستوى للإشارة يساوي 1 فولت من القمة إلى القمة في نظام 75 أوم (ممانعة الحمل). وفي أنظمة SECAM/PAL تكون مستويات الإشارة المرادفة هذه الإشارات هي 0.3 فولت للتزامن و0.7 فولت لمعلومات الصورة.



شكل 9-12 رسم لشكل الموجة لإشارة فيديو في نظام NTSC. هذا الرسم يمثل ما يحدث في خط واحد من الإشارة المرئية . مجال التزامن الأفقي من 7.5+ وحتى IRE 40- ونبضات اللون من 20+ وحتى IRE 20- وتغيرات إشارة الفيديو من 7.5+ وحتى 100 IRE.

الاستجابة الترددية للإشارة المرئية

ترتبط جودة الصورة بشكل مباشر مع الاستجابة الترددية للإشارة الفيديوية. ويمكن مقارنة ذلك مع جودة إعادة تشكيل الصوت حيث يكون مكموما إذا اختفت إشارات عالية التردد. كذلك إذا كانت الترددات العالية في الإشارة المرئية مخمدة ،تصبح الصورة أقل وضوحاً ويمكن أن تكون ضبابية إذا كان التخميد roll-off بدرجة عالية. إن عمق اللون يتأثر أيضاً من جراء ضغط الترددات العالية . ويمكن ضبط الاستجابة الترددية في معظم الأجهزة التلفزيونية باستعمال تحكم حاد ،إذ أنه بضغط النهاية العليا يمكن تخفيض الإشارة التموينية الحاوية على الضجيج وجعل الومضات الخطية أقل وضوحاً. ويوجد في معظم مستقبلات الأقمار الفضائية وعند النهاية العالية. عناصر ضبط الاستجابة الترددية للإشارة المرئية. حيث تستخدم لتعويض التسامحات tolerances في قيم عناصر الدارة. وهذه العناصر يمكن ضبطها فقط لدى استخدام جهاز إظهار لشكل الموجة.

مستوى الإشارة المرئية

لا تقوم جميع المرسلات بتوليد إشارة مرئية تساوي تماماً 1 فولت من القمة إلى القمة. بعض المرسلات تبث مستويات أخفض قليلاً لأنها محممة بالعديد من العوامل الثانوية الأخرى ،بعضها صوت وبعضها الآخر رقمياً والتي يتم بثها مع الإشارة الفيديوية. ويبدو أن بعض المرسلات تبث بمستوى أعلى قليلاً وذلك بهدف زيادة نسبة الإشارة إلى الضجيج في الإشارة المرسلة.

من أجل الضبط الدقيق لمستقبل الأقمار الفضائية، يستخدم جهاز إظهار شكل الموجة لضبط مستوى خرج الإشارة الفيديوية ،مستوى الاستجابة الترددية. يمكن بواسطة جهاز إظهار شكل الموجة إجراء العديد من القياسات كقياس الربح التفاضلي ،تأخير التموينية بالنسبة للإضاءة chrominance-to-luminance وقياسات أخرى ولكن هذه القياسات لا تستخدم عادةً أثناء كشف الأعطال في مستقبلات الأقمار الفضائية المنزلية.

لرؤية خرج الإشارة الفيديوية للمستقبل بصورة جيدة، ينبغي ربط شاشة الإظهار مع جهاز إظهار شكل الموجة وجعل الحمل 75 أوماً. ويمكن التدقيق في دليل استخدام شاشة الإظهار للتأكد من أنها ذات حمل داخلي أم لا.

تفسير الإشارة VITS

(Vertical Interval Test Signals)

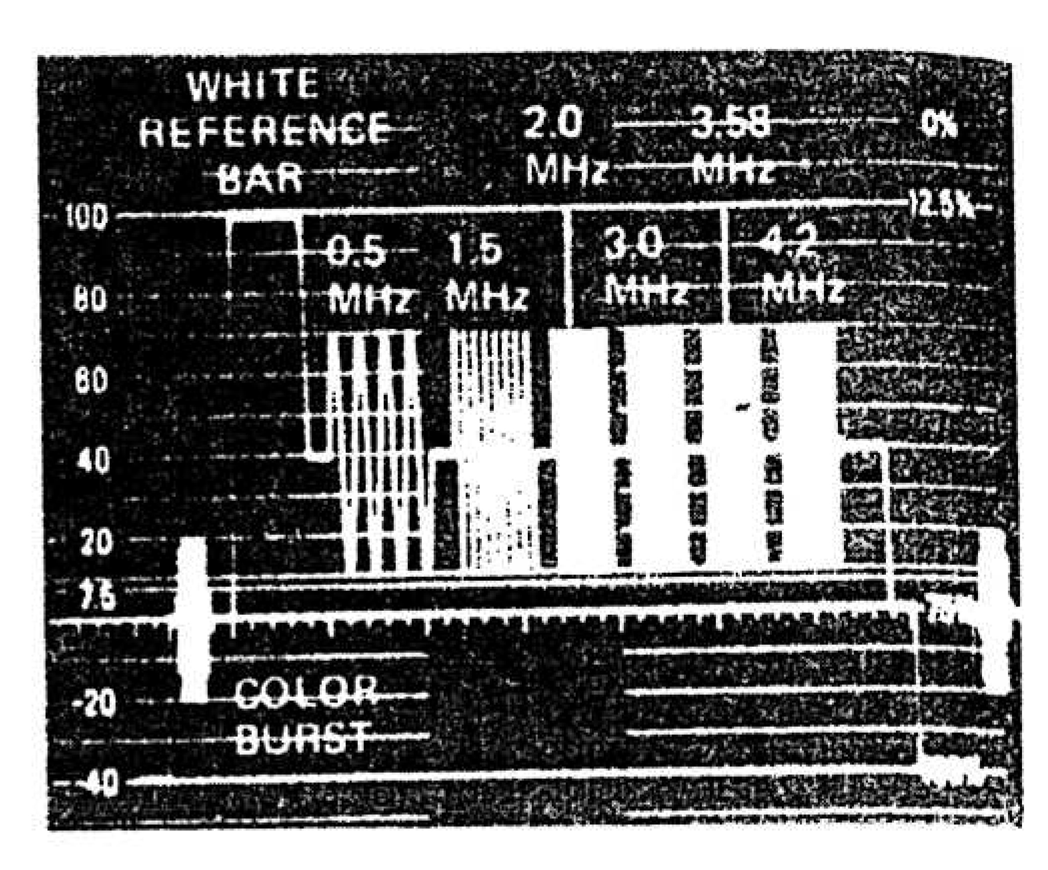
يتضمن اختبار دارات الفيديو فحص إشارات اختبار الفاصلة الزمنية العمودية VITS. ويتم بث إشارات فحص أشكال الموجة مع إشارة الفيديو أثناء فترة الإطفاء العمودية وهذه تتمثل بقضيب أسود أفقي يمكن رؤيته بين الإطارات وذلك حين انضغاط الصورة بواسطة التحكم الشاقولي وبفحص هذا الجزء بدقة يمكن استنتاج إشارات الاختبار VITS وقضبان التموين عند الطرف الأخفض من قضيب التزامن الشاقولي. طبعاً ،إن النظر إلى VITS بهذه الطريقة ليس مفيدا والأجدى هو استخدام جهاز لإظهار شكل الموجة حيث يمكن رؤية التفاصيل الدقيقة لإشارات الاختبار بشكل فعلي.

يمكن تحديد جودة إشارة الفيديو لمستقبل فضائي بفحص شكل الإشارة بالجهاز الخاص بذلك. والمعاملات الرئيسية هي. الاستجابة الترددية والمطال وهذه تتطلب اختبار وضبط في المستقبل الفضائي. وهناك معاملات أخرى تحدد جودة الإشارة ويمكن قياسها مثل الربح التفاضلي ،الطور التفاضلي وزمن تشويه الخط . ولكن هذه المعاملات لا يمكن تغييرها دون إعادة تصميم كامل للدارات. وعادةً يكون التشويه الحاد مؤشرا لعطل أحد العناصر إذ أنه في معظم الحالات تمر إشارة فيديوية

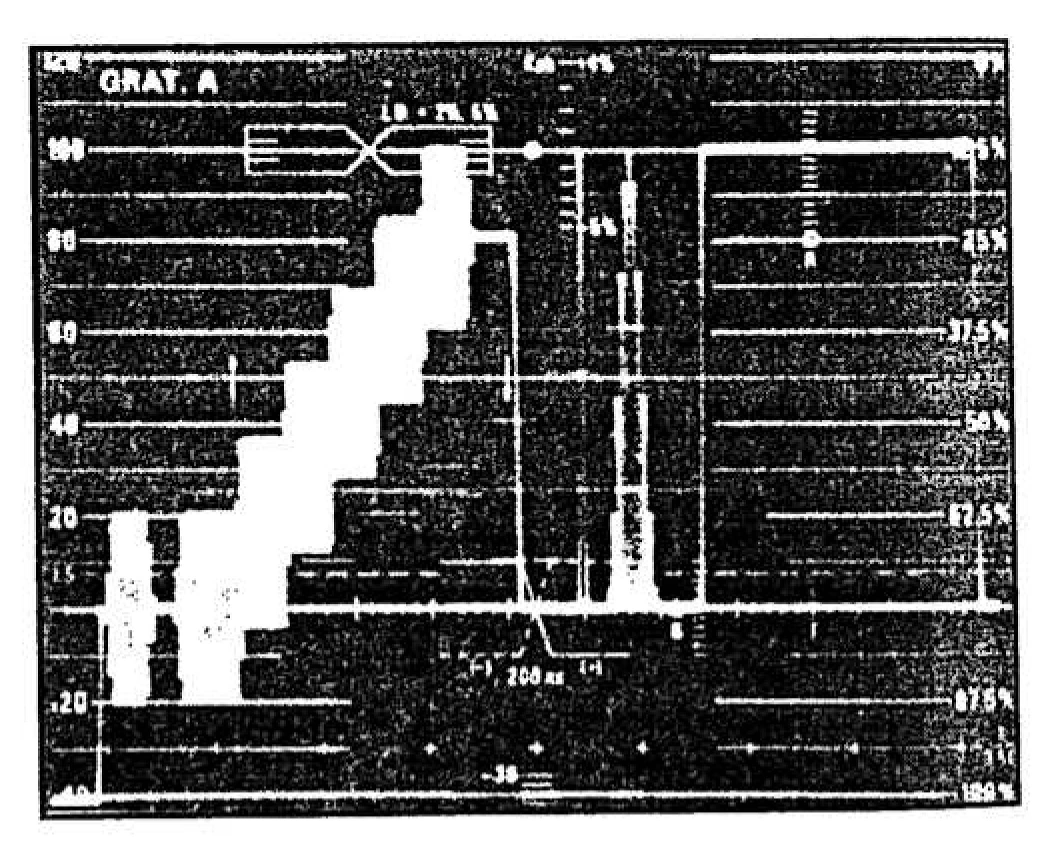
هناك ثلاث إشارات VITS مختلفة ومستخدمة في مستقبلات الأقمار الفضائية. الأولى عبارة عن تتالي نبضات مضاعفة multiburst والثانية إشارة اختبار مركبة composite والثالثة نبضة مربعة جيبية. وهذه الإشارات موضحة في الأشكال 9-13 وحتى 9-15. إن الإشارة المركبة والمتتالية المضاعفة هي الأفضل لضبط مستوى إشارة الفيديو. ففي الإرسال بنظام NTSC، تستخدم مجموعة النبضات المضاعفة ويمكن إظهارها على الخط 17 من الحقل 1. في حين يمكن رؤية الإشارة المركبة غالباً على الخط 18 من الحقل 1 أو 2.

بما أن بعض مرسلات الأقمار الفضائية ليست متلائمة تماماً مع نظام NTSC فإنها لا تحتوي على إشارات الاختبار لذلك فإنها لا تتطلب أن تكون إشارة الفيديو فيها 100 IRE تحديداً.

يضبط مستوى إشارة الفيديو باستخدام جهاز إظهار لشكل الموجة والذي يبين وضع المستوى IRE وهذا يساعد على ضغط الترددات العالية، حيث يظهر خط نظيف يعين المستوى. ويجب أن توضع نبضة التزامن عند 10IRE والعلم الأبيض عند 100IRE+ من أجل الإشارة المركبة و 70IRE للنبضات المتتالية المضاعفة. هناك أيضاً بعض الإشارات المتتالية المضاعفة يكون فيها العلم الأبيض عند 100IRE والنبضات المتتالية عند 70IRE.



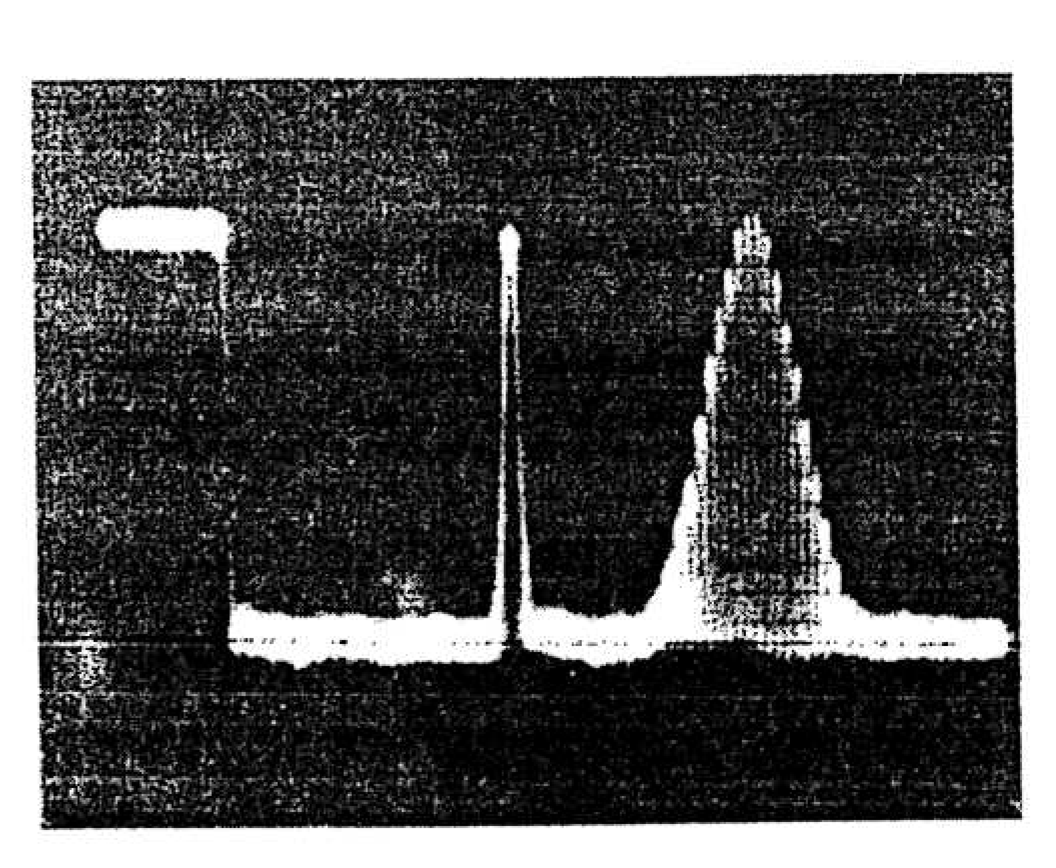
شكل 9-13. شكل موجة لتتالي نبضات مضاعفة - إشارة اختبار بفاصلة زمنية شاقولية (VITS) في نظام NTSC هذا الجزء من إشارة VITS يتم إرساله عادة على الخط 17. الحقل 1 في الفاصلة الزمنية للإطفاء العمودي ويتألف من سلسلة من النبضات المتتالية ذات المطال الواحد وتغطي المجالات الترددية 0.5، 1.5، 2، 3، 3.58، 4.2 ميغاهرتز. إذا تغير مطال الإشارة عبر الطيف الترددي سوف ينعكس ذلك على ارتفاع النبضات المتتالية. ويتم أيضاً إرسال نبضة قمة بيضاء تعرف باسم "العلم الأبيض white flag "تعتبر كمستوى مرجعي للأبيض. يلاحظ وجود نبضة تزامن تتبعها النبضات المتتالية للون تظهر في الزاوية اليسارية السفلية من الصورة.



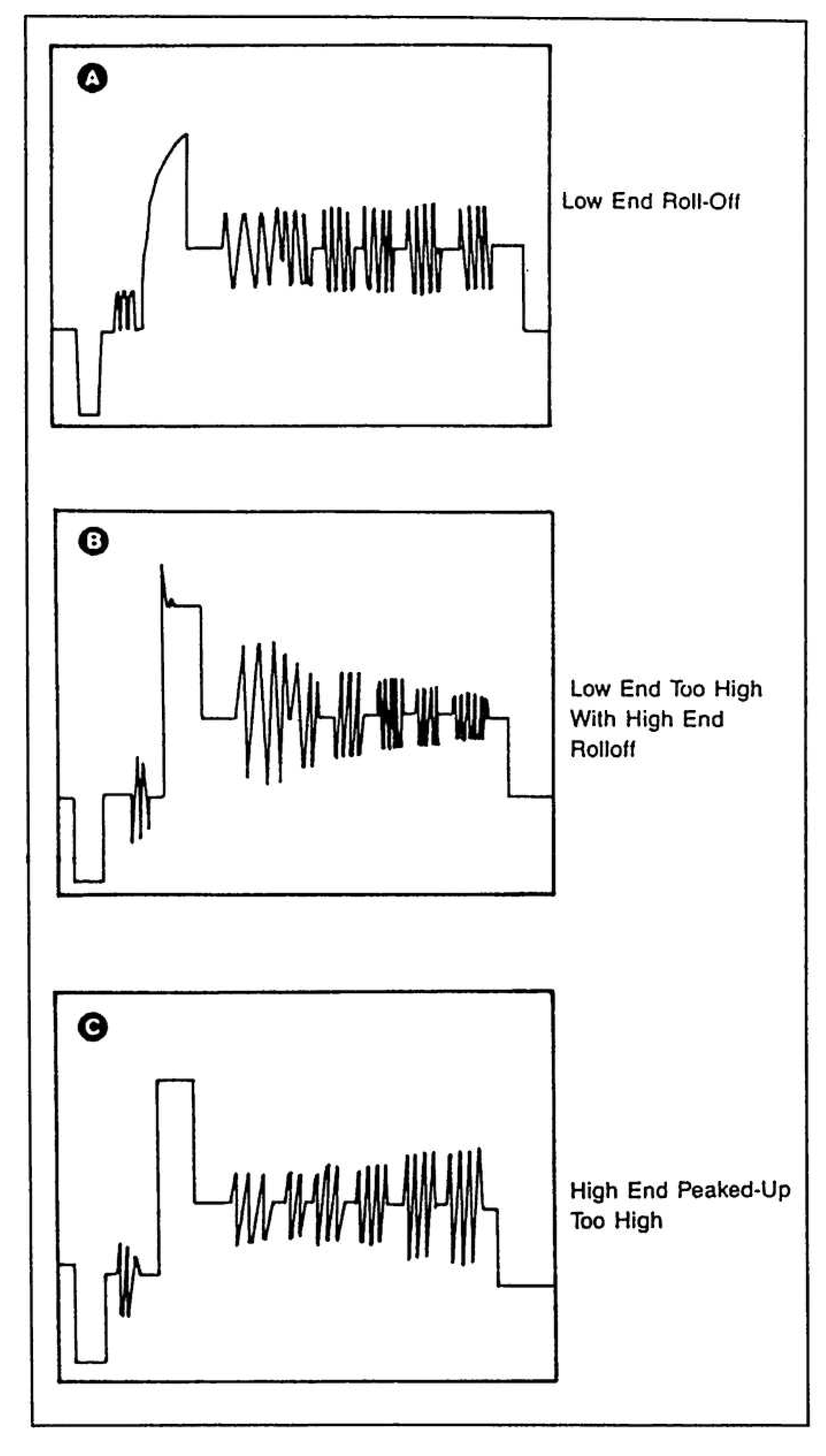
شكل 9-14 إشارة اختبار مركبة composite درجية لنظام NTSC. إشارة الاختبار هذه التي تشكل جزءاً من إشارة الاختبار VITS، يتم إرسالها عادة على الخط 18 من كلا الحقلين أثناء فترة الإطفاء الشاقولي وتتضمن عدة عناصر. تسمى الموجة المربعة الأولى بالخط الحاجز وتكون إشارة الاختبار "النافذة" أو العلم الأبيض عند مستوى 100IRE. إن وجود أي ميلان في القمة يشير لاستجابة ضعيفة للترددات المنخفضة يترجم كصورة محززة. إن النبضة الرفيعة spike التي تتبع النبضة الجيبية المربعة، أو الإشارة على شكل 2-T هي أفضل مؤشر لتشوه الطور. أما النبضة التالية الأكثر عرضاً فتعود إلى إشارة اختبار نبضة التلوينية وتؤمن طريقة صحيحة لتحديد الربح وفرق الطور بين إشارتي التلوينية والإضاءة. وتستخدم الموجة الأخيرة الدرجية لقياس كمية الربح التفاضلي أو تغيرات الربح خلال الطيف الترددي.

تستخدم النبضات المتتالية المضاعفة (multiburst) لضبط الاستجابة الترددية للنظام وتتألف من إشارة العلم الأبيض وست نبضات متتالية لإشارات جيبية بتردد 500 كيلوهرتز، 1، 2، 3، 3.38 و 4.2 ميغاهرتز. إن جميع الإشارات متساوية المطال من ناحية مثالية ولكن يوجد عملياً بعض الانضغاط لترددات الأعلى في أغلب المستقبلات وتستخدم بداية إشارة العلم الأبيض لضبط موقع الترددات المنخفضة. وإذا كانت نهاية العلم على شكل إشارة مربعة نظيفة فتكون حالة الترددات المنخفضة جيدة. وإذا وجد تشويه في الإشارة فهناك ضعف في حالة تلك الترددات. و أما إذا وجدت نبضة عالية في البداية فالتردد المنخفض ذو مطال مرتفع والشكل 9-16 يبين المشاكل الترددية المختلفة التي يمكن حدوثها.

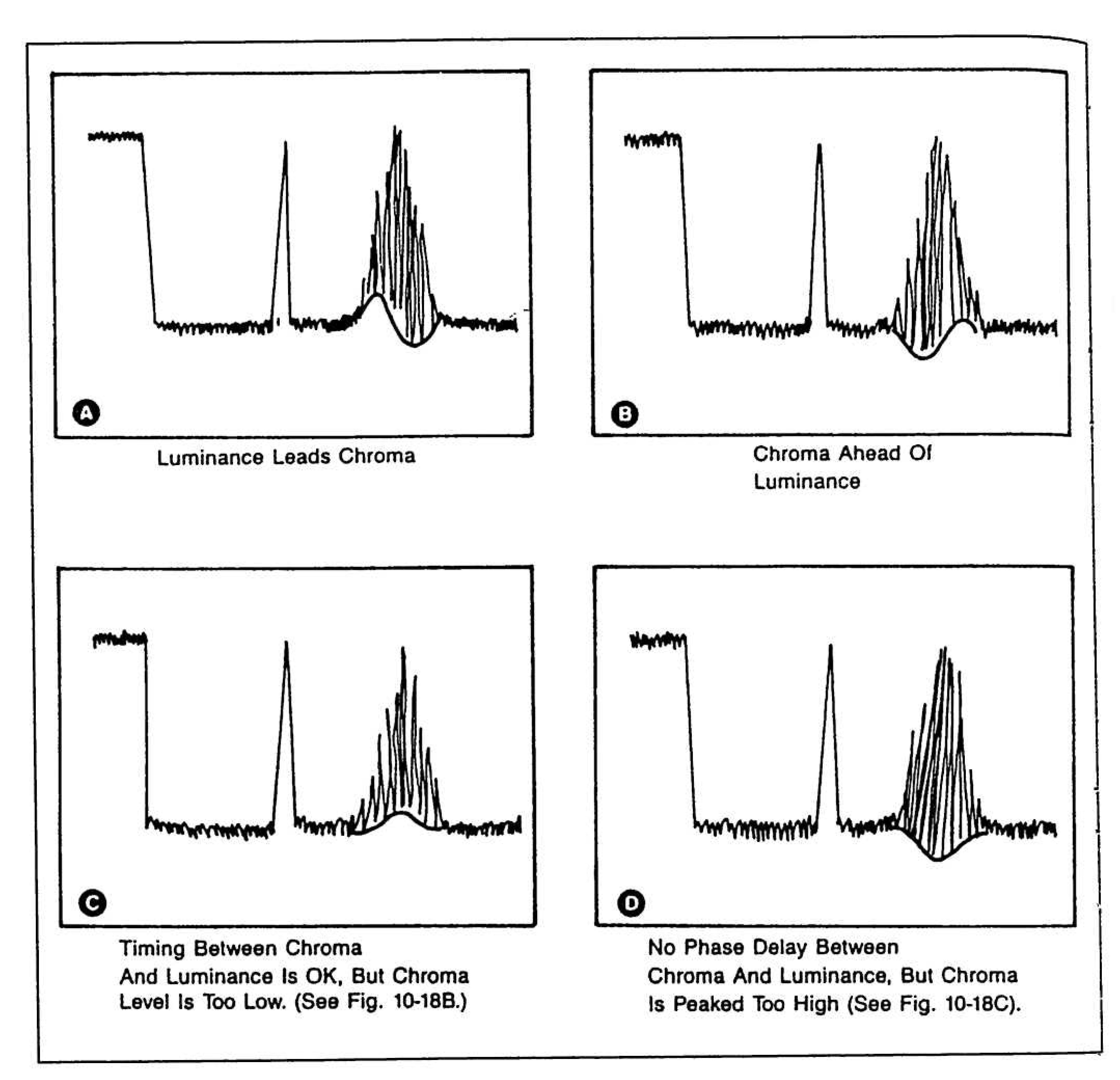
هناك عموماً ثلاثة أنواع لمعايرة إشارة الفيديو في مستقبل الأقمار الفضائية وهي: مستوى الإشارة التي يجب ضبطها عند 1 فولت من القمة إلى القمة والاستجابة عند الترددات العالية التي يجب أن تحقق استجابة مستوية للإشارات المتتالية والمضاعفة، وأخيراً الاستجابة عند الترددات المنخفضة حيث يجب إظهار بداية إشارة العلم الأبيض. أحياناً يسمى الضبط الترددي بضبط التلوينية والإضاءة حيث تعبر الترددات المنخفضة عن الإضاءة والترددات العالية عن التلوينية (انظر الشكل 9-17).



شكل9-15. نبضة جيبية مربعة تستخدم لتحديد الطور والربح بين الإضاءة أو بين تفاصيل معلومات الصورة و معلومات اللون. وهي تشكل جزءاً من إشارة الاختبارVITS.



شكل16-9. موجة متتالية مضاعفة والاستجابة الترددية. الشكل (A)موجة متتالية مضاعفة مضغوطة عند النهاية المنخفضة. وشكل الإشارة (B) يبين نبضة عالية المستوى عند النهاية المنخفضة مرافقة لانضغاط في الترددات العالية والشكل (C) يشير إلى مستوى عالي للإشارة عند النهاية العليا.



شكل 17-9. نبضة جيبية – مربعة وتاخير. النبضة الجيبيـة-المربعـة في الشـكل (A) اللونيـة متـاخرة عـن الإضـاءة. في الشـكل (B) اللونيـة تسـبق الإضـاءة. في الشكل (C) تزامن بين اللونية والإضاءة ولكن مستوى اللونية ضعيف جداً. في الشكل (D) تكبير في استجابة اللونية لأن ربح الإضاءة أقـل مـن ربـح اللونيـة ولا يوجد تاخير في الطور بين الإشارتين.

10

معالجة الصوت

تستخدم دارة كشف تعديل الصوت لفصل معلومات الصوت عن حوامنها. والحامل هو فعلياً عبارة عن حامل ثانوي مضغوط ضمن حامل الإشارة المرئية. هذه الحوامل الثانوية يتم إرسالها على ترددات تقع في أعلى ترددات الإشارة الفيديوية وذلك في المجال الترددي من 4.5 وحتى 8.0 ميغاهرتز في النظام NTSC وفي المجال من 5.5 وحتى 8.5 ميغاهرتز في أنظمة الإرسال PAL/SECAM .

هناك إشارات كثيرة أخرى للصوت غير تلك المرافقة لمعلومات الفيديو الأساسية يمكن إرسالها في مجال الحامل الثانوي. إذ توجد محطات راديو مستقلة FM وشبكات إرسال راديوية وطنية ومحلية ،فاكس ،كشوف مخازن للتبادل التجاري وكذلك إشارات تمثيلية ورقمية أخرى. الشكل 10-1 هو صورة لمحلل طيف لإشارة فيديوية أصلية (قبل التعديل) base band مع العديد من الحوامل الثانوية للصوت. والمجال الترددي من اليسار إلى اليمين هو من 4.3 وحتى 9.3 ميغاهرتز، ويمثل كل سنتيمتر أفقي 500 كيلوهرتز. خط الوسط يعبر عن 6.8 ميغاهرتز.

يمكن تمييز أكثر من 20 حامل ثانوي مختلف ضمن هذا المجال . يتوضع حامل الصوت الرئيسي لمحطة الإرسال عند التردد 6.8 ميغاهرتز وهو معزول عن الحوامل المحيطة به من الجانبين. وعموماً لحامل الصوت الرئيسي مجال ترددي أعرض وكذلك استطاعة تزيد عن بقية الحوامل الصوتية.

شكل 10-1. صورة محلل طيف لمرسل يحوي العديد من الحوامل الثانوية للصوت. اخذت هذه الصورة عند خرج إشارة الفيديو الأصلية. التردد المركزي هو 6.8 ميغاهرتز الدقة هي 500كيلوهرتز/سم. والمستوى المرجعي 20dBm-.

مواصفات الحامل الثانوي الصوتي

تكون الحوامل الثانوية للصوت معدلة ترددياً، وهي تختلف عن إشارة الفيديو والإشارات الراديوية القياسية ذات التعديل الترددي FM بانحراف الإشارات فيها. ويستخدم نوعين من الانحراف وهما حوامل صوت عريضة الحزمة مرافقة لقنال صوتية أو لأقنية متعددة في حال الإرسال الستيريو. والنوع الآخر هو صوت ضيق الحزمة ويستخدم لإرسال خدمات الراديو المساعدة. هنالك أيضاً الحوامل SCPC (نوع حامل واحد لكل قنال Single Carrier Per Channel) وهي أيضاً ذات انحراف ضيق المجال ولكن تتطلب ناخب تعديل ترددي FM خاص لاستقبالها.

يتراوح الانحراف في الإرسال عريض المجال عادةً بين 200± كيلوهرتز و 273 كيلوهرتز كحد أقصى مع مجال ترددي من 50 هرتز وحتى 15 كيلوهرتز و نسبة إشارة إلى ضجيج تساوي 70dB، ويمكن أن يكون الانحراف ضيقاً حتى 25± كيلوهرتز مع مجال ترددي من 50 هرتز وحتى 7.5 كيلوهرتز أو

±50 كيلوهرتز من أجل مجال ترددي من 50 وحتى 15 كيلوهرتز وتقارب نسبة الإشارة إلى الضجيج 65dB وحتى 70dB عندما يتم ضغط وبسط الإشارات Compading حيث يتم الضغط أثناء الإرسال والبسط عند الاستقبال وهذه العملية تجري على معظم الحوامل ذات الحزمة الضيقة ولهذا السبب فإن غالبيتها ذات مجال ديناميكي محدود وهناك العديد من الطرق المتبعة لتخفيض الضجيج على الحوامل منها طريقة ™Dolby. وهي مطبقة على الحوامل الضيقة والعريضة المجال على السواء بهدف رفع نسبة الإشارة إلى الضجيج وهذه التقنيات سوف تدرس بمزيد من التفصيل لاحقاً.

لا توجد معايير قياسية رسمية لتردد الحامل الثانوي ،لذلك لا يتم إرسال جميع الحوامل الثانوية للصوت باستخدام انحراف يساوي تماماً ±200 كيلوهرتز أو ±50 كيلوهرتز ،إضافة إلى وجود حاملين ثانويين انحرافهما لا يتجاوز 7.5 كيلوهرتز يجتمعان أحياناً في المجال المحجوز لقناة واحدة ذات استجابة ترددية عليا تساوي 15 كيلوهرتز.

إن التغيرات في انحراف الصوت والمجال الضيق للحوامل الثانوية وكذلك استخدام ضغط وبسط الإشارة companding تمنع الاستقبال الجيد لبعض الأقنية الصوتية حتى في المستقبلات المزودة بمفتاح اختيار (ضيق/عريض) للحزمة و الخاصة بالأقمار الفضائية.

يتم إرسال قناة الصوت الرئيسية دائماً باستخدام الانحراف عريض المجال عند تردد 6.2 أو 6.8 ميغاهرتز في أمريكا الشمالية و 6.5 ميغاهرتز في أوربا. إن الحامل الثانوي للصوت ذو التردد 6.5 ميغاهرتز هو الحامل الرئيسي للأقمار الفضائية ASTRA لذلك فإن الأقمار الأوربية الأخرى يمكن أن تعتمد ترددات مختلفة أيضاً.

دارات شائعة لكشف الصوت

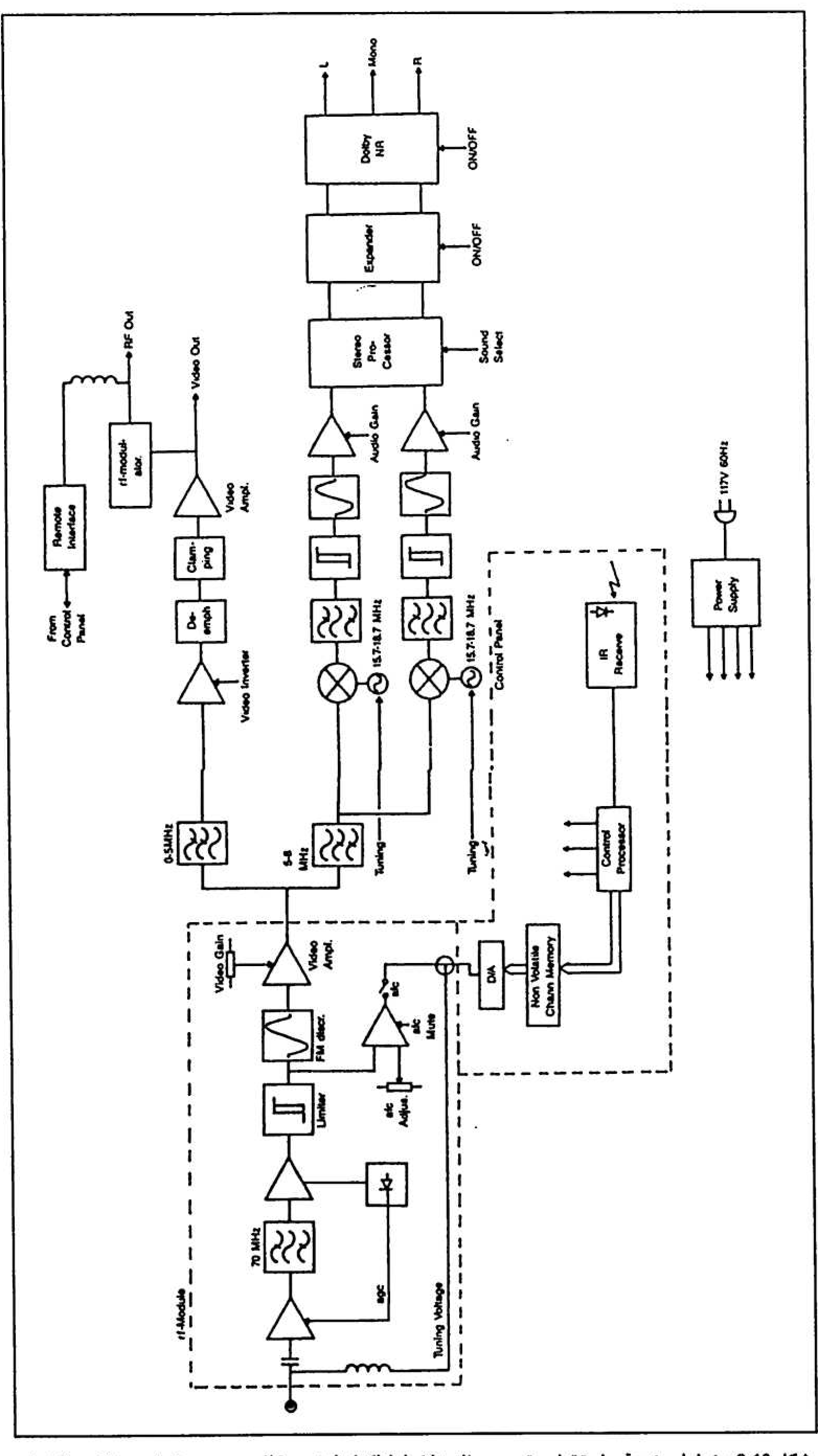
إن إشارة الدخل إلى دارة كاشف تعديل الصوت، ينبغي أن تكون إشارة الفيديو الأصلية baseband لأن الحوامل الثانوية للصوت متوضعة في تلك الإشارة. وهكذا فإن إشارة الصوت يتم استخلاصها من إشارة الفيديو بعد كشفها في دارة كشف تعديل الإشارة المرئية. والشكل 10-2 يبين مخطط صندوقي لكاشف صوت شائع الاستخدام حيث يقسم خرج إشارة الفيديو المكشوفة بالتساوي إلى إشارتين ويتم تمريرهما عبر مرشحين لتمرير الحزمة العالية والمنخفضة وبذلك تبقى إشارة الفيديو الأصلية بعناصرها من حوامل ثانوية للصوت والصورة.

الجزء الأعلى من المخطط الصندوقي هو دارة الفيديو. ويقوم مرشح التمرير المنخفض بمنع حدوث تداخل التعديل الصوتي IM (intermodulation) مع الإشارة المرئية. كذلك يقوم مرشح تمرير عالي HPF بضغط جميع الإشارات التي ترددها دون 5 ميغاهرتز وذلك لمنع المركبات النونية لإشارة الفيديو من التداخل مع إشارة الصوت. بعد مرشح التمرير العالي، تقسم إشارة الدخل ثانية بحيث يمكن الكشف آنيا عن قناتين لصوت مستقلتين عن بعضهما البعض وهذه التقنية تسمح باستقبال الإرسال المجسم (ستيريو) وبما أن القناتين متماثلتين نكتفي بدراسة قناة واحدة فقط.

إن الجزء المبين في الشكل من دارة المستقبل تستخدم دارة متكاملة لكاشف تعديل متوازن يعمل بتردد متوسط IF 10.7ميغاهرتز . هذا التردد المتوسط مستخدم في جميع أجهزة راديو الـ FM المصنعة في الوقت الحاضر تقريباً. إن هذا التردد المعياري يعطي إمكانية استخدام الدارات المتكاملة والمرشحات المصنعة لغاية تطبيقات الراديو FM. وهذا يجعل كشف تعديل الصوت عملية بسيطة التصميم والتنفيذ، إضافة لسهولة الصيانة اللاحقة.

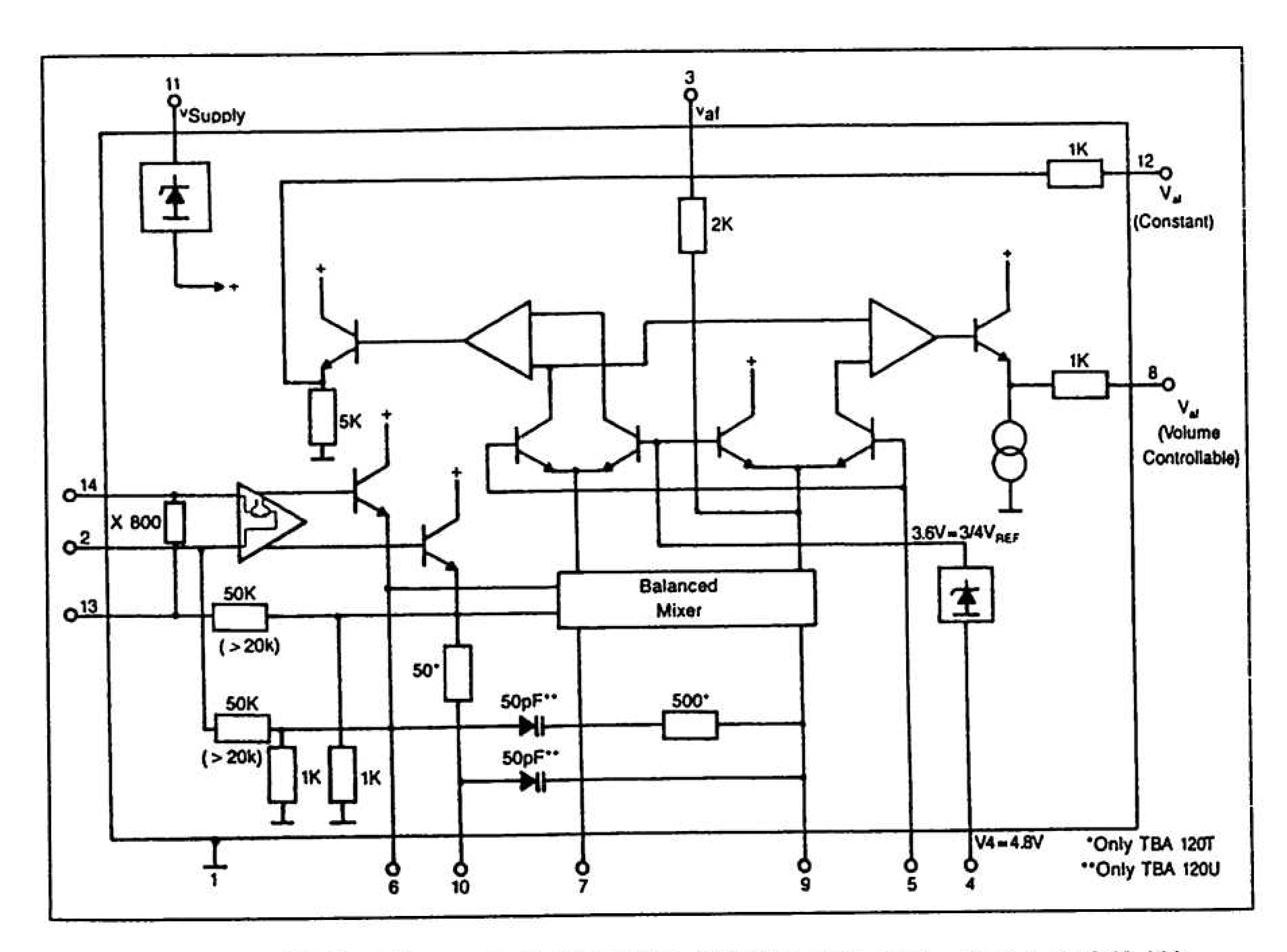
إن استخلاص التردد المتوسط 10.7 ميغاهرتز من الحامل الثانوي في المجال من 5.0 إلى 8.0 ميغاهرتز يتطلب مزج الإشارات مع حامل قابل للضبط تردده أعلى بمقدار 10.7 ميغاهرتز من تردد الحامل الثانوي المرغوب. يطبق جهد معايرة إلى مذبذب مضبوط بالجهد (VCO) بحيث يكون جهد خرجه عبارة عن موجة جيبية بتردد متغير من 15.7 وحتى 18.7 ميغاهرتز . وهذا هو الحقن في الجانب الأعلى للتردد أما الحقن في الجانب الأخفض فلا يمكن إجراءه عملياً لأن المجال المطلوب لتردد المذبذب VCO هو ضمن المجال المستخدم لإشارة الفيديو. ومن الطبيعي أن يؤدي ذلك إلى حدوث تداخل إذا استخدم الحقن في الجانب الأخفض. ولدى مزج خرج المذبذب VCO مع إشارة الصوت لمحطة الإرسال، فإن الناتج هو الحصول على قناة الصوت المطلوبة متمركزة عند تردد 10.7 ميغاهرتز.

إن وجود مرشح سيراميكي لتمرير حزمة منخفضة BPF من النوع المستخدم في راديوات الـ FM يمنع كل الإشارات ذات الترددات العالية من الدخول إلى الكاشف ماعدا تلك المتمركزة حول التردد 10.7 ميغاهرتز، وتمر إشارات الخرج إلى المرحلة التالية. وهناك العديد من المستقبلات التي يوجد فيها فعلياً مرشحين ترددهما المركزي يساوي 10.7 ميغاهرتز، أحدهما لتمرير حزمة عريضة وآخر لتمرير حزمة ضيقة.

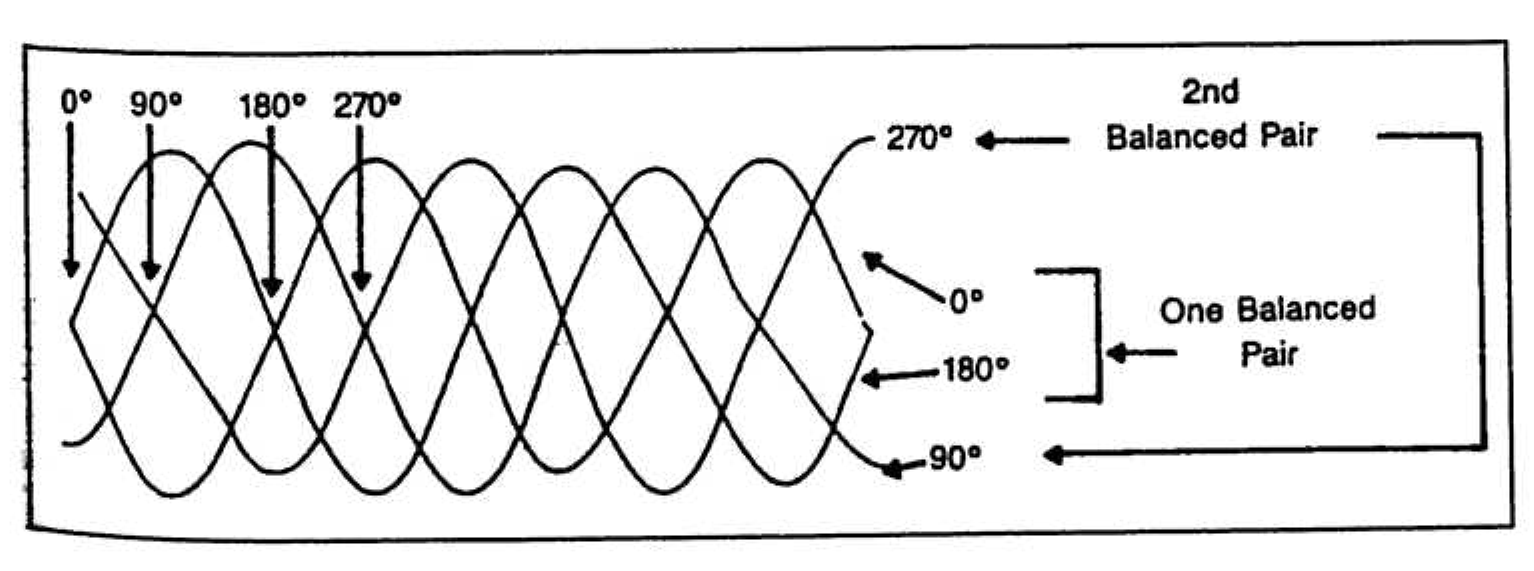


شكل 10-2 مخطط صندوقي لمستقبل ستيريو . يظهر المخطط الكتل الرئيسية للصوت وهي الترشيح. المزج. الكشف والمعالجة في مستقبل اقمار فضائية.

إن خرج مرشح تمرير الحزمة الضيقة BPF يمر عبر مكثف ربط إلى كاشف التعديل الذي يكون عادة دارة متكاملة وغالباً ما تستخدم الدارة TBA 120T الشائعة الاستخدام في راديو FM ويبين الشكل 10-3 المخطط الصندوقي لهذه الدارة المتكاملة حيث تدخل إشارة التردد المتوسط 10.7 ميغاهرتز الدارة المتكاملة من الملمس 14 ويتم تكبيرها بمكبر عمدياتي تفاضلي ذو ثمانية مراحل موصول ليعمل كمحدد. وللمكبر خرجان بينهما فرق طور قدره 180° درجة ومتواجدان عند الملامس 6 و10. تطبق الإشارات الناتجة عنهما على شبكة إزاحة طور لحصول على إشارتين تاليتين بينهما فرق صفحة مقداره 90° من جديد بالنسبة للإشارات الأولى. وينجم عن ذلك إشارتين متوازنتين بينهما 90 درجة أو في "حالة ترابع Quadrature" (الشكل 10-4). تجري مزج هاتين المجموعتين من الإشارات مع بعضهما في المازج المتوازن والذي يشكل جزءاً من الدارة المتكاملة وينتج عن المزج إشارة جهد مستمر سريعة التغيرات وتتناسب مع تغيرات التردد الحامل. وهكذا فإن الخرج عند الملمس 8 للدارة المتكاملة هو تكرار لإشارة الصوت المرسلة أساساً. ويستخدم الملمسان 4 و5 لإشارات التحكم بشدة إشارة الصوت التي تؤثر على خرج الدارة. فواحدة من الإشارتين تخفي الصوت لدى تغيير الأقنية، بينما تستخدم الأخرى عادة لتعويض الفرق في مستوى الصوت نتيجة كشف حامل ضيق الحزمة أو عريض الحزمة.



شكل 10-3 مكبر تردد متوسط IF وكاشف TBA 120T . هذا المخطط الصندوقي يبين ملامس الكاشف 10.7 ميغاهرتز.



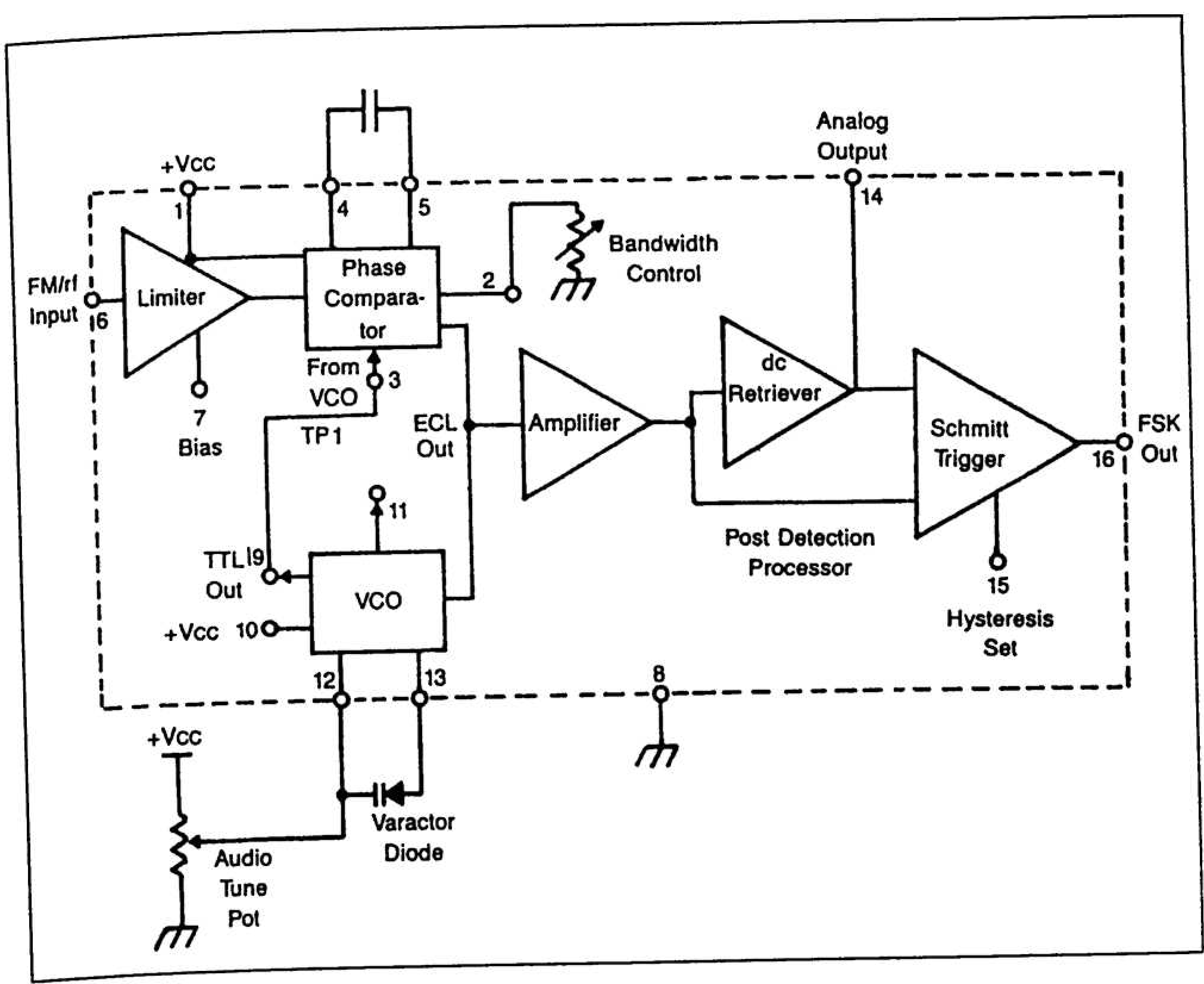
شكل 10-4 موجة جيبية "في حالة ترابع Quadrature ". الإشارات 0° و 180° هما الخرجان الموجب والسالب للمجدد بينما الإشارات 90° و270° هما الناتج عن إزاحة الصفحة للإشارات 0° و 180° بمقدار ربع طول الموجة. وتستخدم هذه الإشارات لكشف تعديل الصوت.

دارات أخرى لكشف الصوت

في بعض مستقبلات الأقمار الفضائية، يضبط الصوت ويتم كشفه باستخدام دارة متكاملة NE564 PLL والشكل 5-10 يوضح المخطط الصندوقي لهذه الدارة ويبين مكوناتها الرئيسية. يوجد محدد لمنع التضجيج AM من التأثير على الكاشف، وكذلك يوجد مقارن صفحة يقوم بمقارنة الإشارات الواردة مع خرج التردد الناتج عن مذبذب VCO. ويتم التحكم بالمذبذب VCO عن طريق جهد خرج مقارن الطور. ويمثل جهد خرج المقارن بجهد الخطأ الذي يعبر عن فرق الصفحة أو التردد بين التردد المرجعي والتردد الوارد إلى الدارة. ويجري ضبط المذبذب VCO الموجود ضمن الدارة NE564 بواسطة ثنائي متغير السعة "varicap". بعد ذلك يتم تكبير جهد الخطأ الذي هو فعلياً إشارة الصوت.

عندما يوجد فرق بين إشارة الدخل وإشارة خرج المذبذب VCO، يتولد جهد خطأ في مقارن الطور الذي يعود بتغذية عكسية إلى المذبذب VCO ويظهر أيضاً على الملمس 14 كجهد مستمر سريع التغير.

بتغيير جهد التلحين بواسطة مقبض التحكم الصوتي على الواجهة الرئيسية (أو بواسطة معالج صغري من خلال دارة توليد الجهد) تتغير السعة للثنائي ذو المكثف المتغير varicap وهذا بدوره يبدل تردد خرج المذبذب VCO الذي يؤثر أيضاً على مقارن الصفحة ويسبب تغييراً في التردد الناتج.



شكل 5-10 مخطط صندوقي لدارة متكاملة NE564 مستخدمة لضبط وكشف الحامل الثانوي للصوت. تتألف الدارة NE564 من محدد، مقارن صفحة،مكبر خطأ ومذبذب VCO.

طرق إرسال الصوت المجسم (ستيريو)

هناك ثلاث طرق رئيسية لبث الإشارات الصوتية عبر الأقمار الفضائية. الطريقة الأوسع شهرة بينها هي طريقة الحامل الثانوي الأحادي عريض المجال ذو القنال الواحدة والذي يتمركز عادة عند التردد 6.2 ، 6.62 و 6.8 ميغاهرتز في الإرسال ضمن أمريكا الشمالية. وهناك أيضاً الإرسال المجسم المنفرد وذلك بالشكلين عريض الحزمة وضيق الحزمة وأخيراً هناك الإرسال المجسم الرقمي والذي يستخدم عادة في طرق التعمية. وتستخدم بعض محطات الإرسال طرقاً أخرى لبث إشارات الصوت . ولعل طريقة المصفوفة matrix وطريقة التعدد المتقابل multiplex للإشارة المجسمة هما البدائل المعروفة.

إن استقبال كل من البث بطريقة المصفوفة أو البث المنفرد يتطلب قسمين منفصلين للتحيين . ولهذا السبب يوجد على مستقبلات الستيريو مفتاحي تحكم للتوليف الصوتي. والنوع الوحيد الذي يمكن كشفه مع أنه مجسم بواسطة مفتاح تحكم واحد على الواجهة الرئيسية هو الصوت الرقمي.

في البداية اعتمدت بعض مستقبلات الأقمار الفضائية مبدأ ستيريو التعدد الضمني bult-in، حيث افترض المصممون أنها سوف تكون الطريقة الأكثر شيوعاً في الإرسال، ولكن طريقة الستيريو المنفرد هي التي أضحت الطريقة العامة.

الستيريو المنفرد Discrete Stereo

يستعمل الستيريو المنفرد حاملين ثانويين منفردين أحدهما يحتوي معلومات القنال اليسارية والآخر يحتوي معلومات القنال اليمينية، وعادة يتم إرسال الترددات الأخفض على القنال اليسارية.

في معظم الحالات، لا يتلاءم إرسال الستيريو المنفرد مع المستقبلات ذات مكبر الصوت الوحيد إذ أنها تستقبل فقط القنال اليسارية أو اليمينية ولكن في بعض محطات الإرسال يجري بث قنال ثالثة أو إشارة برنامج صوتي مفرد أو تراكب قنالين منفردتين وفي هذه الحالة تستخدم الإشارة المفردة لتغذية معدّل RF.

يتم إرسال الستيريو المنفرد عبر شكل انحراف deviation format ضيق المجال أو عريض المجال. وفي أغلب الحالات. يستخدم الانحراف عريض المجال مع الإرسال الرئيسي لإشارة الفيديو، في حين يستخدم انحراف ضيق الحزمة من أجل بث إشارة راديوFM. وترسل أغلب الأقنية الضيقة الحزمة بحيث تكون مجاورة لبعضها في الطيف الترددي.

الستريو المصفوفي Matrix stereo

تستخدم أنظمة المصفوفات حاملين ثانويين، يحمل الأول إشارة L+R (يسار زائد يمين) ويحمل الآخر L-R (يسار ناقص يمين) ويتطلب فك ترميز القنالين في الستيريو مصفوفة كاشف ترميز. وفي هذا النظام، تقوم الإشارة L+R أو إشارة أحادية بتغذية معدل RF . وهذا النظام متلائم مع المستقبلات ذات القنال الصوتي الوحيد في حين تكون الطريقة المنفردة ملاءمة إذا تحقق وجود حامل منفرد بالإضافة إلى الحاملين الآخرين للستيريو.

يقوم كاشف الترميز المصفوفي بالجمع أو الطرح الجبري للحاملين الثانويين. وهكذا يكون الخرج هو قنال اليمين واليسار. والشكل 10-6 يبين دارة كاشف ترميز بسيطة شائعة الاستخدام.

تتألف الدارة من مضخمين op-amps . لكشف ترميز الستيريو المصفوفي بصورة صحيحة، تدخل إشارة(L+R) عبر المكثف C66، بينما تدخل إشارة الطرح (L-R) عبر المقاومة R104 . وإذا انعكس الدخلان، فذلك يؤدي إلى جعل قنال اليمين مختلفة بالطور عن قنال اليسار وبالتالي نحصل على صوت أجوف (hollow) وناعم جداً.

يتم الحصول على الخرج الصوتي من الجزء الثاني لكل مكبر عملياتي بواسطة مفتاح S6 يحدد الوضع طبيعي/ستيريو وعندما يكون هذا المفتاح على وضعية ستريو تمر الإشارتان عبر شبكة مقاومات تشكل دارة المصفوفة. ويتم توصيل المكبر U10b ليعمل كمكبر تفاضلي في حين يتم وصل U11b ليعمل كجامع، وتوصل المقاومات R108،R86،R90،R89 بحالة تصالب (وكل منها 24كيلوأوم) بحيث تمزج الإشارتان بالتساوي، ويشكل المنمس 5 وهو الدخل غير العاكس للمكبر U11b نقطة الجمع للقنالين وبذلك يكون خرج المكبر هو قنال اليسار لأن قنال اليمين يتم إلغاؤها أثناء الجمع .

تفصل قنال اليمين. يطبق الحامل (L+R) إلى الدخل غير العاكس (منسب 5 من U10) بينما توصل الإشارة (L-R) إلى الدخل العاكس (منسب 6 من U10) ويكون الناتج هو الفرق بين الإشارتين أو قنال اليمين وجبرياً يمكن التعبير عن ذلك كما يلي:

$$(L+R) - (L-R) = 2R$$

حيث تلغى إشارة اليسار لتعارض الطور بينهما.

إذا وضع المفتاح S6 على الوضعية طبيعي - فإن القنال العليا سوف تخرج من المأخذ RCA اليميني في حين تخرج القنال السفلية من المأخذ RCA اليساري متجاوزة شبكة المصفوفة.

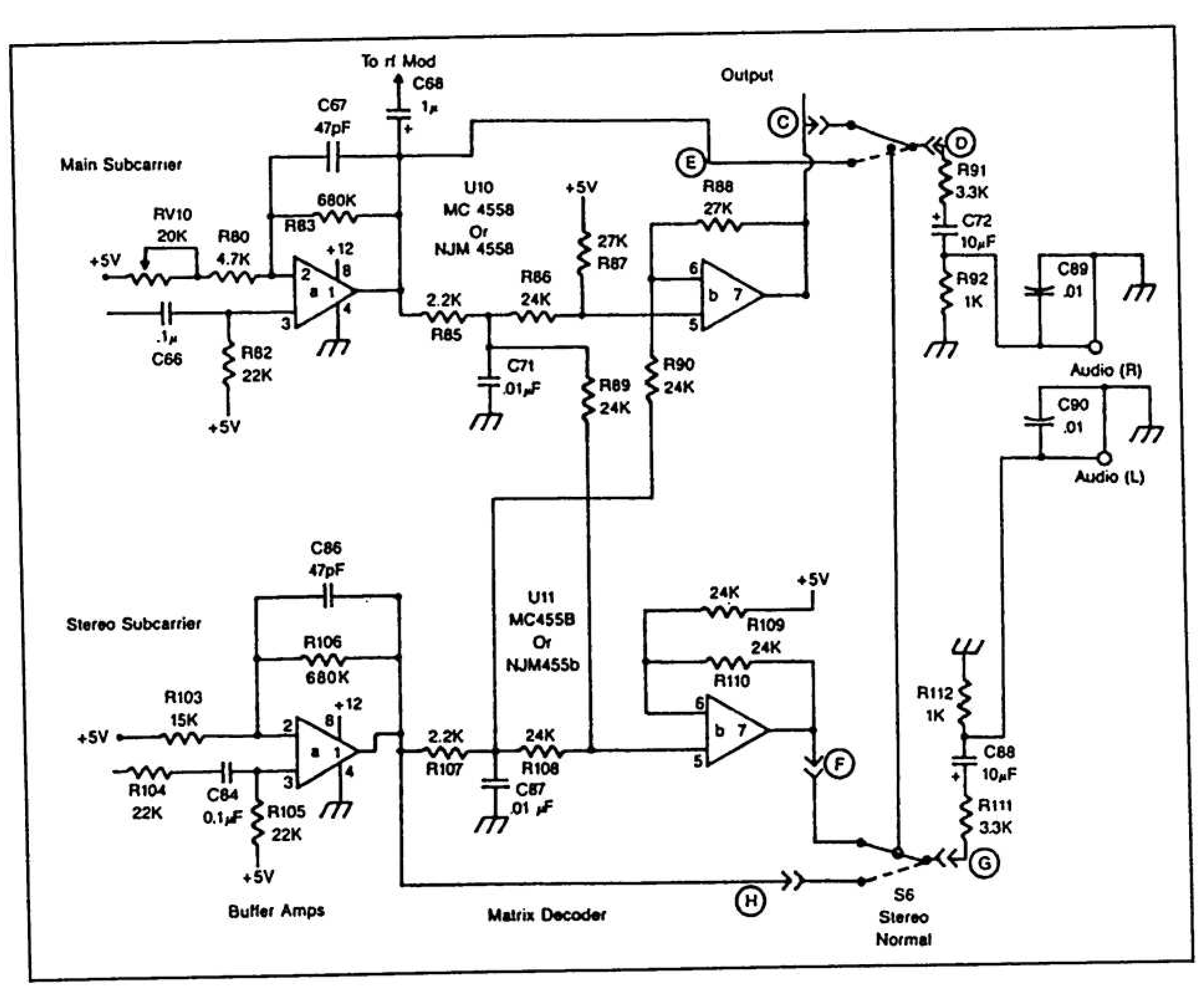
إن عملية الضبط الوحيدة تتم بالتحكم بالمصفوفة عبر المقاومة المتغيرة (RV10) المستخدمة لموازنة مستوى الإشارة (L+R) مع مستوى الإشارة الإشارة (L-R) وتضبط هذه المقاومة حيث يكون للقنالين الحامل ذاته. وبتشغيل دارة المصفوفة يتضاعف مطال القنال اليسارية تقريباً وتختفي القنال اليمينية.

وتُضبط المقاومة "RV10" بحيث يتم الحصول على أقل قدر ممكن من إشارة الصوت على هذه القنال.

الستريو المتعدد Multiplex stereo

إن نظام الإرسال في طريقة التعدد يشبه النظام القياسي لبث الراديوي FM عبر الهواء. حيث يتكون من حامل ثانوي واحد ومن القنال (L+R) بالإضافة إلى حامل آخر مع المعلومات (L-R) المحمولة عليه. إنه حامل مضغوط ذو حزمتين جانبين ومعدّل بتردد 38 كيلوهرتز مع إشارة قيادية تساوي 19 كيلوهرتز.

الفرق الرئيسي بين الإرسال FM والإرسال الفضائي في طريقة التعدد المتقابل (multiplexing) يكمن في انحراف الإشارة وطريقة معالجة التعديل. فالانحراف الكلي هو أكبر بكثير في حالة الإرسال الفضائي ويرتبط بدرجة الفصل بين إشارات الستيريو. وهذا النوع من الانحراف يسمى بانحراف التلاؤم adaptive deviation.



شكل 10-6 كشف الترميز المنفرد وبطريقة المصفوفة. هذه دارة لاستقبال الستيريو المنفرد والمصفوفة واسعة الانتشار.

انضغاط وانبساط إشارة الصوت Audio Companding

يُعتمد على طريقة انضغاط وانبساط إشارة الصوت للتغلب على ضعف مستوى الإشارة إلى الضجيج في الإرسال الفضائي للحزمة الضيقة FM، إذ يتم ضغط المجال الديناميكي لإشارة الصوت في الوصلة الصاعدة ومن ثم يعاد بسطها بعد كشف التعديل ويكون للإشارة المنبسطة المجال الديناميكي السابق للإشارة الأصلية.

تستخدم الدارة المتكاملة NE571 لتحقيق انبساط إشارة الصوت في أغلب المستقبلات وهذه الدارة المتكاملة هي ثنائية الأقنية لضغط وبسط المجال الديناميكي وتستخدم في هذه الحالة لانبساط الإشارة.

يتم التحكم بالانبساط عبر التغيرات في مستوى الإشارة. فتغير صغير في مستوى إشارة الدخل يؤدي إلى انبساط وتغيرات واسعة في مستوى إشارة الخرج. فمثلاً من أجل معدل ثابت 2:1 للضغط-انبساط وإذا كانت تغيرات مستوى الإشارة مساوية 100 ميلي فولت عند الدخل المضغوط فسوف تكون تغيرات الخرج 50 ميلي فولت وبعد الإرسال والاستقبال سوف تنبسط الإشارة المضغوطة بحيث تؤدي تغيرات 50 ميلي فولت إلى تغيرات إشارة بمقدار 100 ميلي فولت من جديد.

إذا جرى انبساط الإشارة عند الاستقبال و لم يكن قد تم ضغطها في الوصلة الصاعدة، فإن الصوت سيعاني من جودة "الضخ pumping" لأنه يتم رفع مستوى الإشارة بشكل غير صحيح.

تخفيض الضجيج بطريقة Dolby™

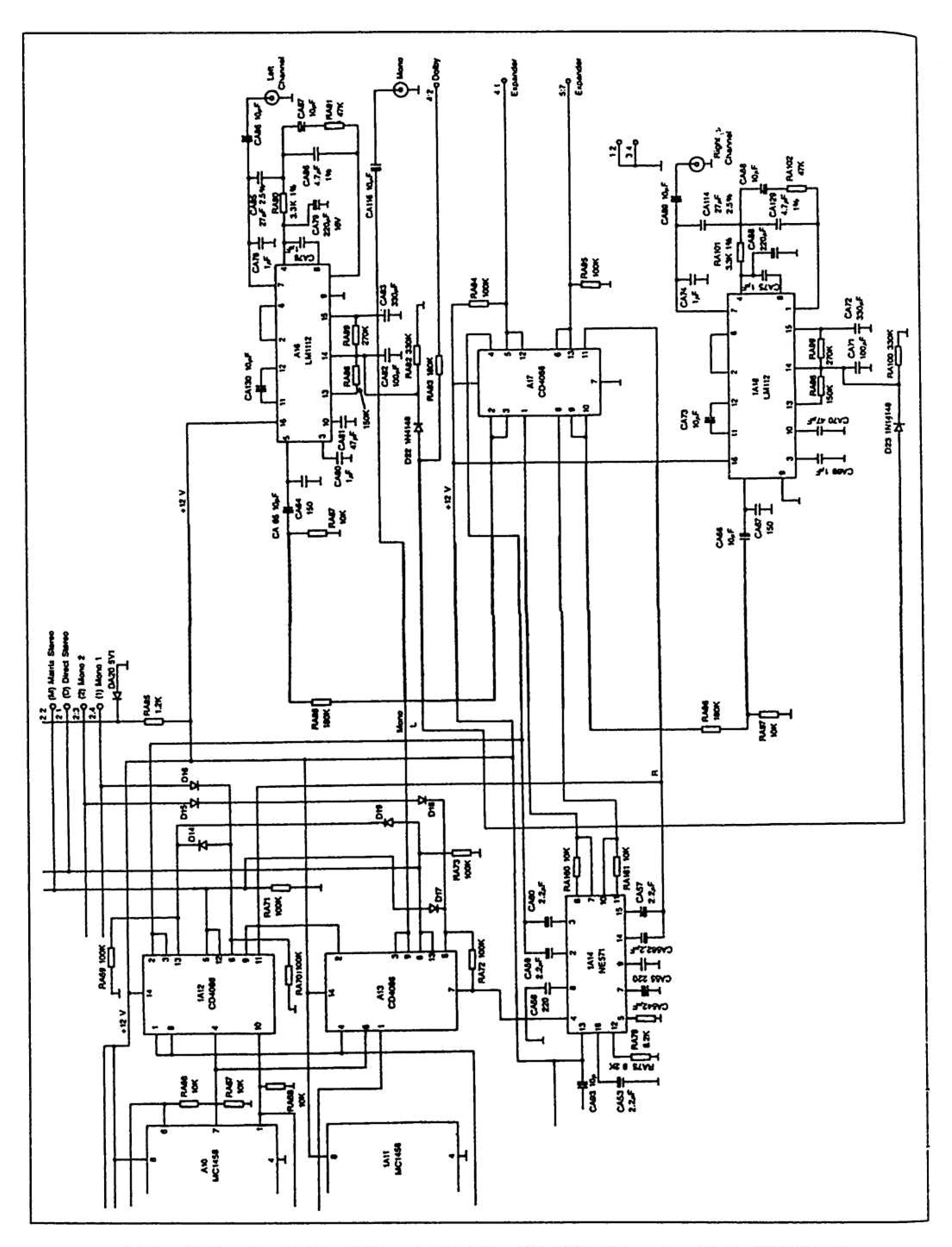
هناك عدة دارات مستعملة حالياً لتخفيض الضجيج بطريقة Dolby™ ولها تسميات Dolby™ A، B، C وتستخدم إحدى هذه الطرق في كل نظام تقريباً . في الإرسال الفضائي تستخدم الطريقة DolbyB™ (الشكل 10-7).

تقوم دارة Dolby™ بقسمة طيف التردد الصوتي إلى مجالات ترددية مختلفة وكل قسم يتعرض لكمية مختلفة من رفع الذروة وهذه الزيادة في مستوى الإشارة هي في الحقيقة عبارة عن انبساط للإشارة وعند إعادة ضغط الإشارة إلى المستوى الأصلي، فإن كمية الضجيج المضاف أثناء الإرسال تنخفض.

تستفيد المعالجة بطريقة Dolby™ من حقيقة كون الترددات المنخفضة والتي تشكل الجزء الأهم من استطاعة الإرسال في الإشارة هي ذات ممانعة نسبية عالية للضجيج، إذ أن الضجيج يظهر بشكل أقوى عند الترددات العالية وهكذا فإذا لم تطرأ تبدلات على مستويات الترددات المنخفضة فإن الترددات الأعلى يمكن أن تُضخم بشكل انتقائي للحصول على انحراف واستطاعة جاهزة أمثليين.

يحقق نظام Dolby™ هذه المهمة من خلال تطبيق كميات متغيرة من رفع (تضخيم) المستوى حسب المجال الديناميكي والتردد لكل مجال ترددي. وتطبق طريقة عكسية في تجهيزات الاستقبال بحيث تعود العلاقات الأصلية بين ترددات الإشارة كما كانت عليه وبذلك يكون المجال الديناميكي بحالة ضبط مستمر حسب مستوى الإشارة وتركيب التردد.

هذه المعالجة الداخلية تجعل نظام Dolby™ حساس جداً لمستوى الإشارة ومن الطبيعي أن يكون الوضع الغير صحيح للنقطة المرجعية سبباً في جعل الدارة تضغط أجزاءاً من الإشارة بمقدار أكبر أو أقل من المطلوب وفي الحالتين ينجم تشويهاً للصوت. وفي الحالات القصوى، يمكن أن يسبب الضبط الضعيف انخفاض في نغمة الصوت كذلك يمكن أن يكون سبباً في تغيرات لمستوى الإشارة تشبه ما ينجم عن دارة بسط تعمل على إشارة غير مضغوطة.



شكل 7-10 دارة معالجة الصوت. تبين الدارة المتكاملة لبسط الإشارة، دارتين متكاملتين Dolby ومفتاحين 4066 يستخدمان لانتقاء نمط الصوت.

الأعطال في دارات الصوت

A. فقدان إحدى القنوات الصوتية لدى استخدام طريقة المصفوفة:

من المحتمل أن يكون العطل الأكثر شيوعاً هو فقدان إحدى القنوات الصوتية عند اختيار طريقة المصفوفة للصوت المجسم (ستيريو). وغالباً ما يعود ذلك إلى الوضع غير الصحيح للتحكم بالانتخاب tuning control فإذا كان كلا المتحكمين مضبوطين على نفس الحامل الثانوي فإن واحدة من أقنية الصوت سوف تغيب عند اختيار طريقة المصفوفة. إذا كان المدخلان لكاشف ترميز المصفوفة هما (L+R) أو (L-R) فإن قنال اليمين سوف تنعدم. و العلاج هو وضع A أو الحامل الثانوي الرئيسي عند تردد إشارة (L+R) وهو عادةً 6.2 ، 6.62 أو 6.8 ميغاهرتز. ووضع B أو الحامل الثانوي عند تردد إشارة (L-R) وغالباً ما يكون 5.8ميغاهرتز. يمكن أن تختفي أيضاً قنال اليمين عندما يكون البث بطريقة الستيريو المنفرد ويكون الناخب على الوضعية Matrix stereo.

B. ضجيج فرقعة popping في الصوت.

يمكن تصنيف مشاكل الصوت في الإرسال الفضائي إلى أربعة أنواع وهي: استطاعة ضعيفة أو إشارة ضجيجية داخلة إلى المستقبل. عدم ضبط أو إزاحة التردد المتوسط IF لإشارة الفيديو. دارات كشف تعديل الفيديو أو كشف تعديل الصوت. لحام بارد أو عطل في أحد العناصر مثل مقاومة، ترانزستور، دارة متكاملة أو ثنائي. وأيضاً إزاحة أو تغيير قيمة أحد العناصر في المعدّل RF لدى الاستماع إلى جهاز التلفاز.

الفرقعة أو الضجيج الساكن هي المكافئ الصوتي لومضات الفيديو، ووجودها يعني هبوط الجهد أثناء كشف تعديل الفيديو أو الصوت. وفي معظم الحالات، يكون الصوت أكثر ممانعة لومضات الفيديو؛ ويمكن أن تكون الصورة غير واضحة ويبقى الصوت بجودة عالية.

إن مشاكل الصوت من النوع الأول يمكن إلغاؤها إذا كانت إشارة الفيديو نظيفة وخالية من الومضات وبالتالي يعمل كاشف تعديل الفيديو بشكل سليم. وفي معظم المستقبلات يوجد محدد قوي قبل دارة كشف التعديل وبذلك تكون الإشارة ذات مستوى ثابت تقريباً وعند هذه النقطة تنفصل الحوامل الثانوية للصوت من إشارة الفيديو . إذا كان مقياس مستو الإشارة يعمل بصورة صحيحة، فيجب دائماً فحص مفاتيح المستقبل ووضعية التحكم ويشمل هذا الفحص وضعية مفتاح الحزمة العريضة/الحزمة الضيقة، اختيار نمط الصوت ووضعية التحكم بانتخاب أقنية الصوت. وينبغي التأكد من أن المرسل يبث الأصوات ذاتها التي تم اختيارها في المستقبل الذي يجب أن يكون قد تم توليفه بشكل جيد.

إذا احتوت إشارة الفيديو على الضجيج وأشار مقياس الإشارة إلى مستوى منخفض لإشارة الدخل (أقل من 1 أو 2 تدريجة من 10) فقد يعني ذلك وجود مشكلة في التردد المتوسط للفيديو أو كتلة الناخب أو كتلة LNB، أو اتجاهية قرص الهوائي أو حتى الوصلات بين القرص والمستقبل. وقد تكون إشارة الفيديو "قابلاً للرؤية" ولكن الصوت يحتوي على فرقعة وضجيج ساكن لا يمكن إلغاؤه من خلال التحسين الناعم.

C.عدم ضبط دارات التردد المتوسط Misaligned IF strip

يسبب خطأ الضبط لدارات IF إلى جعل أفضل صوت لا يتزامن مع أفضل صورة، فإذا تحسن الصوت وساءت الصورة أثناء الضبط الناعم لإشارة الفيديو فذلك يعني غالباً غياب الضبط الجيد لدارات التردد المتوسط.

هناك مشكلة أخرى تنشأ بسبب الضبط الخاطئ والانحراف في دارة كشف تعديل الصوت . وفي الحالات القصوى، تظهر فرقعة وضجيج ساكن على كل قنال صوتية. إذا كان كاشف تعديل الصوت أو التردد المتوسط محروفاً قليلاً فإن الضبط في الحزمة الضيقة للحوامل الثانوية سوف يكون صعباً إن لم يكن مستحيلاً وستكون عملية تنقية الصوت من الضجيج شاقة ولا بد من إجراء ضبط شامل لدارات الصوت في هذه الحالة.

D. ضجيج حراري أوفصل/وصل متقطع للعناصر.

المشكلة الثانية التي تنشأ عن ضجيج العناصر هي الأصعب كشفها، خصوصاً إذا كان العطل غير ثابت أو ذو طبيعة حرارية. قد يساعد استخدام راسم الإشارة في تحديد العطل ولكن ثبات العطل هو المطلوب . إن أفضل مكان لبدء فحص العطل هو خرج كاشف التعديل فإذا كان الصوت واضحاً عند هذه النقطة تكون جميع عناصره سليمة.

إن العناصر الفعالة مثل المكبرات العملياتية OP-amps والترانزستورات هي أول ما يشك بها. ويجب التأكد من مختلف الجهود المستمرة التي تقوم بتغذيتها، والطريقة الوحيدة لتحديد فيما إذا كان الضجيج ينشأ من دارة متكاملة هو بفحص إشارة الدخل أولاً ومن ثم إشارة الخرج. فإذا وجد الضجيج على الخرج و لم يكن موجوداً عند الدخل فذلك دلالة على عطل الدارة المتكاملة ويجب الأخذ بعين الاعتبار أن بعض

الدارات المتكاملة ذات عامل ربح هائل لجهد الإشارة وبأن الضجيج يمكن أن يوجد عند الدخل ولكن يتم حذفه في الدارة المتكاملة.

يمكن وصل مكثف تمرير جانبي بقيمة 0.01μF على طرفي أي عنصر مشكوك به لمعرفة مدى انخفاض الضجيج في الخرج. وإن المقاومات التي يمكن أن ينشأ عنها ضجيجاً في الدارات الترانزستورية هي مقاومات تحييز القاعدة ومقاومات الباعث التي لا يوصل معها مكثفات تمرير جانبي. إذا ظهر الضجيج بعد مكثف الربط فيجب استبداله. وقيمة المكثف البديل ليست حرجة مثل ما هو الحال في دارات التوليف. إن استخدام رذاذ التجميد أو رأس المكاوي لتبريد أو رفع حرارة العناصر غالباً ما يجعل العناصر التي تكون في حالة فصل ووصل تقنع من جديد. وإن جعل المستقبل يعمل بجهد أعلى من الجهد الطبيعي يساعد أيضاً في دفع العناصر التي تكون على حافة العطل إلى أن تصبح عاطلة تماماً.

E. ضجيج معدّل الترددات الراديوية RF.

إن الصنف الأخير الذي يمكن أن ينشأ عنه ضجيجاً هو المعدّل RF. في هذه الوحدة يمكن أن يكون الضجيج المتولد عن الترانزستور أو الدارة المتكاملة أو المقاومة والمكثف ذو طبيعة متشابهة. والطريقة السريعة لفحص المعدّل هي بوصل الصوت مباشرة إلى نظام ستيريو. فإن لم توجد مشكلة في الصوت، فذلك يدل على وجود عطل محتمل في المعدّل RF.

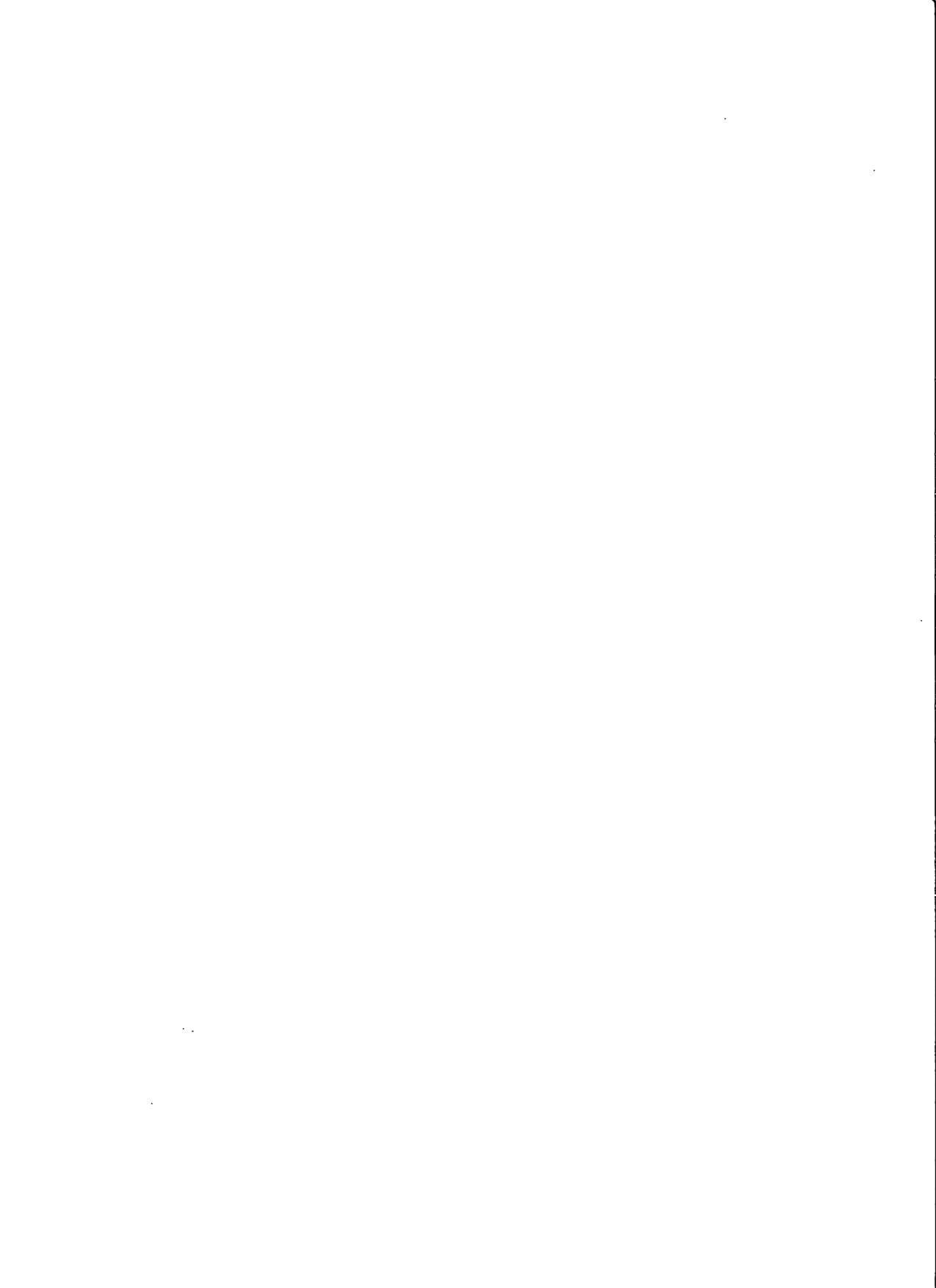
إن الحالة الوحيدة التي تشير إلى وجود عطل مؤكد في المعدّل هي حين يسمع الصوت كهمهمة تتغير مع إشارة الفيديو. فمثلاً، إذا كان ظهور الحروف أو مشاهد خارجية على الشاشة يترافق مع صدور أصوات حادة من سماعة التلفاز دون صدور هذه الأصوات من نظام الستيريو. عندها يكون مستوى إشارة الفيديو عالياً جداً أو يكون تردد حامل الصوت لمعدّل RF غير مضبوط بدقة.

ضبط دارات الصوت Aligning Audio Circuits

يمكن جعل معظم الدارات مضبوطة باستخدام إشارات مولدة من مولد إشارة مثل wavetek أو avcom ومن الأجهزة الضرورية لتراصف وتحليل الأعطال لدارات الصوت مضخم ستيريو ومكبرات صوت بجودة عالية وكذلك عداد ترددي حتى 20 ميغاهرتز على الأقل وراسم إشارة وكذلك فولت متر رقمي DVM.

تتضمن عملية التراصف: تحديد النهاية العليا والسفلى لنقاط التوليف، موازنة مخارج مستويات خط اليسار واليمين، موازنة دارة المصفوفة من أجل مستويات صحيحة، وضعية تشغيل لمبة الستيريو، وضعية تردد المذبذب 19 كيلوهرتز وكذلك ملفات التردد المتوسط لالتقاط القمة لإشارة الصوت.

لتوليف الحوامل الثانوية للصوت بشكل صحيح، يجب أن تسمح وسائل التحكم بضبط التردد لتغيرات من 5 وحتى 8.5 ميغاهرتز، وإذا تغيرت قيمة العناصر أو كان التوليف ضعيفاً فإن المجال يزداد من 4.0 وحتى 10 ميغاهرتز وحينئذ تصبح عملية الضبط شاقة جداً للوصول إلى الدقة المطلوبة بسبب الحساسية المفرطة لوسائل الضبط والتحكم. وبالعكس، إذا كان المجال من 6.0 وحتى 7.5 ميغاهرتز، فإن الحوامل الثانوية ذات التردد 5.8 ميغاهرتز والنهاية العليا لا يمكن كشفها آنذاك. في معظم المستقبلات، هناك نوعاً من التحكم الداخلي. وعادة يكون مكثف متغير أو مقاومة متغيرة يمكن ضبطهما أثناء قراءة التردد. إن معظم الدارات تعتمد التردد المتوسط 10.7 ميغاهرتز بحيث يمكن استخدام الدارة المتكاملة الشائعة ككاشف تعديل FM ستيريو وفي هذه الحالة، يضبط المذبذب بحيث يهتز بين الترددات من 15.7 ميغاهرتز (10.7+5.0) وحتى 19.2 ميغاهرتز (10.7+8.5) وعناصر التحكم يجب أن تدور كاملاً مع عقارب الساعة وعكس عقارب الساعة أثناء قراءة عداد التردد. وإذا كانت القراءات تزيد أو تنقص بمقدار ±500 كيلوهرتز بكلا الاتجاهين، يصبح ضبط الهزاز ضرورياً



11

معدلات الترددات الراديوية

RF MODULATORS

إن إشارات الفيديو والصوت يجب تحويلها بحيث يكون جهاز التلفاز العادي قادراً على تمييزها ويستخدم عنصر يسمى "remodulator" للقيام بهذه المهمة . تعمل هذه الدارة على تحويل إشارة الفيديو والصوت المركبة composite إلى إشارات UHF أو VHF. تكون إشارة الفيديو معدّلة مطالياً في حين تكون إشارة الصوت معدّلة ترددياً . وشاع استعمال كلمة معدّل modulator بدلاً عن remodulator.

تحتوي جميع المستقبلات المنزلية للأقمار الفضائية على معدّلات متكاملة مع المستقبل وتتوضع عموماً ضمن علبة معدنية تثبت على الواجهة الخلفية للمستقبل. والغاية من وجود العلبة هي حجب المعدّل عن بقية الدارات لمنع تداخل الإشارات.

هناك عدة مداخل لمعدّل تتضمن الصوت، الفيديو والقدرة وأحياناً مفتاح الأقنية أو مفتاح اختيار الدخل . وأغلب الأنواع مزودة بدخل اهوائي العادي بحيث يوصل إلى جهاز التلفاز مباشرةً عند إطفاء أو عدم استعمال مستقبل الأقمار الفضائية. وفي هذه الحالات. يوجد مفتاح SAT/TV، تمر إشارة التلفاز العادي عند اختيار الوضعية TV.

هناك خرج 75 أوم غير متوازن للمعدّل موصول مباشرةً إلى جهاز التلفاز عبر خط نقل محوري 75 أوم أيضاً. وتستخدم في أوربا توصيلة Belling Lee. في حين تستخدم الوصلة F في أمريكا الشمالية. ويوجد في أجهزة التلفزة الأمريكية القديمة مأخذين يُقرأ على أحدهما "دخل هوائي" والآخر "دخل 300 أوم" وفي هذه الحالة يتطلب الأمر وجود "محول متوازن-غير متوازن لتحويل ممانعة 75 أوم إلى 300 أوم" وذلك لملاءمة ممانعة المعدّل مع جهاز التلفاز.

إن معدّلات RF المتوافقة مع المستقبلات التلفازية التي تعمل بنظام NTSC مزودة عادةً بمفتاح لاختيار خرج القناة. إن الأقنية VHF 2، 3، و4 أصبحت هي القياسية لترددات المعدّل على الرغم من أنها ليست أفضل خيار لكونها متتالية وذلك يعني إمكانية حدوث تداخل بين الأقنية، إضافة إلى أن الأقنية ذات الترددات المنخفضة حساسة لترددات تصدر عن تشغيل السيارات وتوافقيات الإرسال للهواة. حتى إن التردد 70 ميغاهرتز نفسه يقع ضمن حزمة القنال 4.

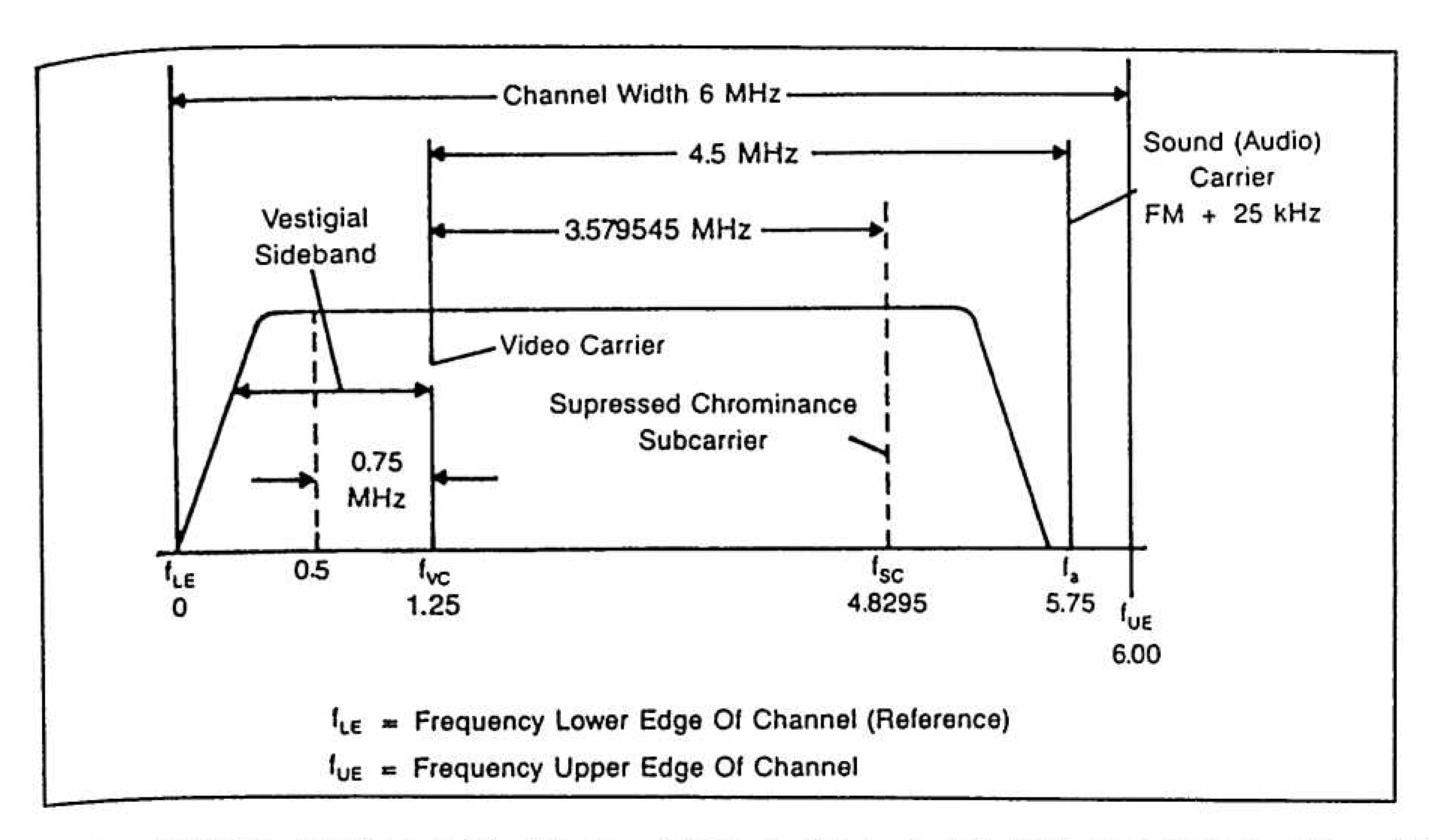
تتضمن المعدّلات المصممة للعمل في المجال UHF عموماً الأقنية من 30 إلى 40؛ وتتم المعايرة بواسطة براغي يمكن الوصول إليها من الواجهة الخلفية للمستقبل. إن المعدّلات UHF المستخدمة في أوربا تضبط مبدئياً على القنال E36 مع ملاحظة أن هذا الاختيار يتم تغييره عند تركيب جهاز الاستقبال.

هناك أنواعاً متعددة من المعدّلات في القارة الأوربية. والأكثر انتشاراً هو Mitsumi. وهي تستخدم في أجهزة الفيديو كما تستخدم في مستقبلات الأقمار الفضائية. عند حدوث عطل في المعدّل فإنه لا يتم إصلاحه في أغلب الأحيان وذلك لأسباب تتعلق بصعوبة تأمين قطع تبديلية.

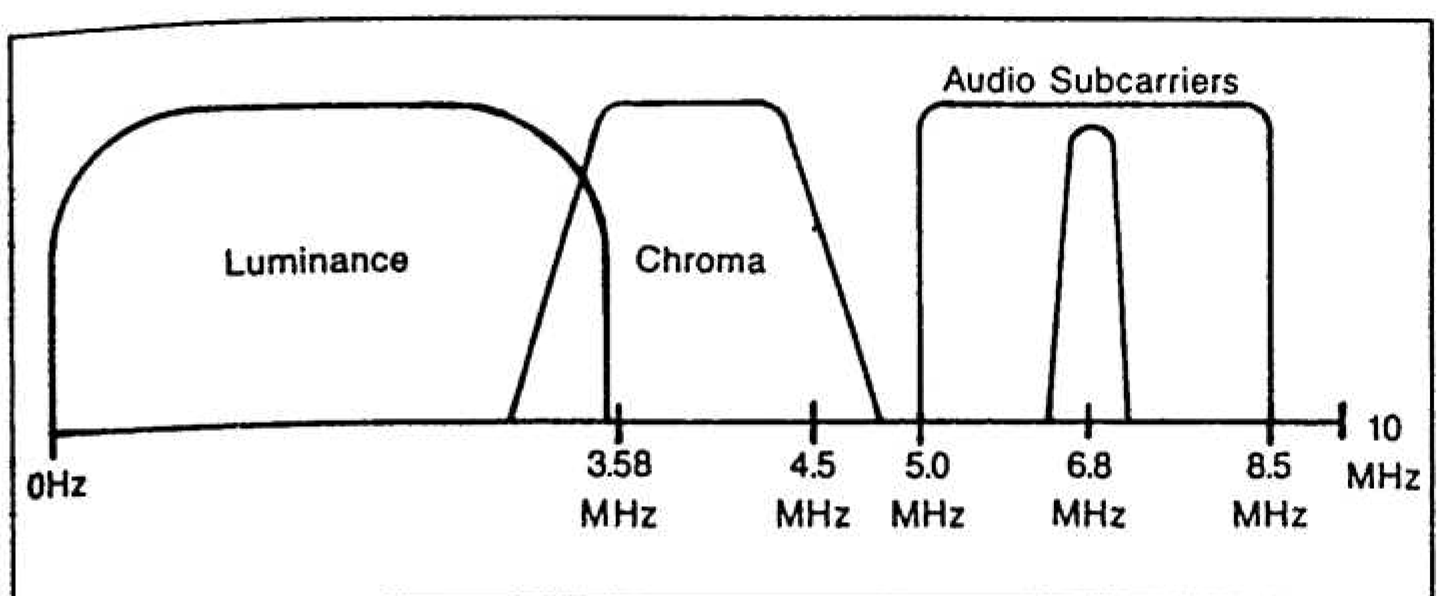
إطارات البث التلفازي Broadcast formats

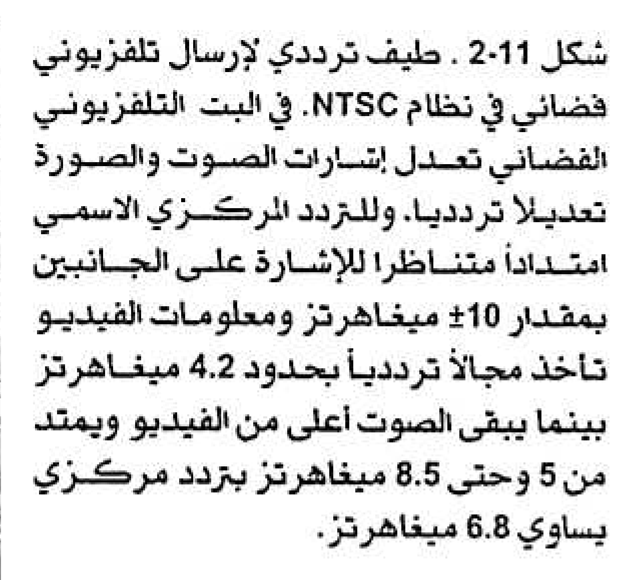
هناك ثلاثة أنواع رئيسية من إطارات البث التلفازي مستخدمة عالمياً وهي نظام NTSC ونظام PAL و SECAM . في الإرسال التلفازي العادي، يجري بث إشارات بنظام التعديل السعوي AM لإشارات الفيديو والتعديل الترددي لإشارات الصوت. ويتم تراكب هذه الإشارات عند المرسل التلفازي وترحيلها كإشارة واحدة.

في التعديل السمعي. يتم تعديل حامل ذو تردد ثابت بتعيير المضان ويكون هذا التعديل حساساً لومضات الضجيج الصادرة عن البرق أو محركات السيارات وهذه الومضات تولد فرقعة في الصوت وخطوط أو نقاط سوداء وبيضاء في إشارة الفيديو. وحيث أن أنظمة التعديل الترددي عريضة الحزمة يكن قد تم تطويرها بشكل كامل، فإن التعديل السعوي الخيار الوحيد ولا يزال يشكل الطريقة التقليدية في التلفازي الأرضي.



شكل 11-1. مخطط ترددي لإشارة في نظام NTSC. نظام بث يعتمد الإرسال بتردد أعلى بمقدار 4.5 ميغاهرتز عن التردد المركزي للقنال. ويظهر أيضا حامل التلوينية المضغوط عند تردد 3.58 ميغاهرتز الضروري لتزامن المستقبل مع المرسل.

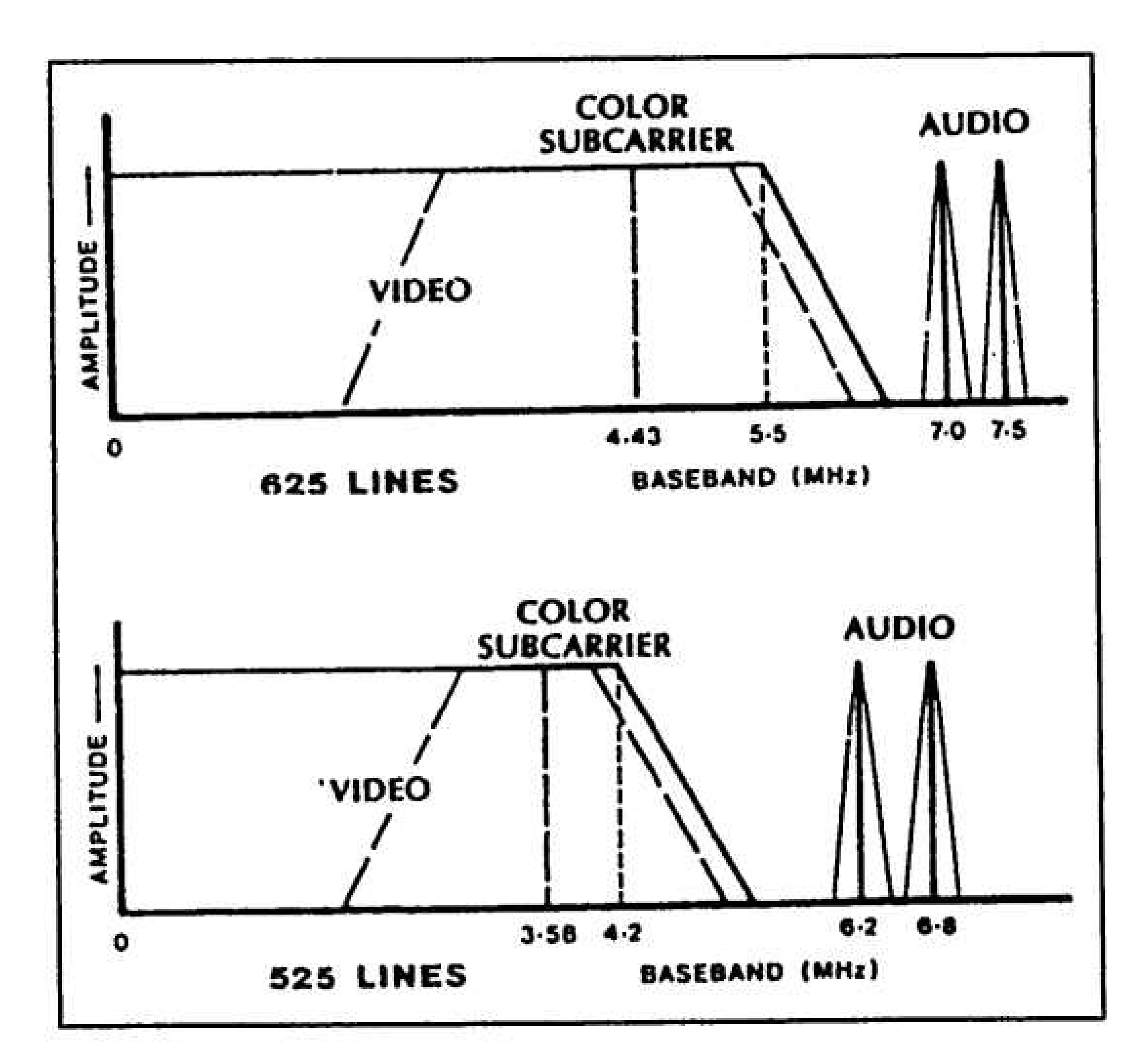



شكل 11-2 . طيف ترددي لإرسال تلفزيوني فضائي في نظام NTSC. في البث التلفزيوني الفضائي تعدل إشارات الصوت والصورة تعديلا ترددياً. وللتردد المركزي الاسمي امتداداً متناظرا للإشارة على الجانبين بمقدار 10± ميغاهرتز ومعلومات الفيديو تأخذ مجالاً ترددياً بحدود 4.2 ميغاهرتز بينما يبقى الصوت أعلى من الفيديو ويمتد من 5 وحتى 8.5 ميغاهرتز بتردد مركزي يساوي 6.8 ميغاهرتز.

يتم الإرسال في نظام NTSC التلفازي حيث تكون إشارات الفيديو والصوت محتواة في حزمة عرضها 6 ميغاهرتز. الشكل 11-1 يوضح استخدام تردد القناة لنظام إرسال NTSC ذو حزمة جانبية. يقع حامل الفيديو عند تردد أعلى بمقدار 1.25 ميغاهرتز من النهاية السفلية للقنال، بينما يقع حامل الصوت عند تردد أخفض من النهاية العلوية بمقدار 0.25 ميغاهرتز أو أعلى من حامل الفيديو بمقدار 4.5 ميغاهرتز. كما أن الحامل الثانوي للون أعلى من حامل الفيديو بمقدار 3.58 ميغاهرتز أيضاً.

يبين الشكل 11-2 رسماً لتوزيع الترددات من أجل قنال فضائية. يقوم تردد إشارة الفيديو بتعديل الحامل الترددي الاسمي للقنال وهناك عادة حامل ثانوي متوضعاً عند تردد 6.8 ميغاهرتز،ويكون المجال الترددي للحامل الثانوي من 5.0 وحتى 8.5 ميغاهرتز حيث يمكن ارسال إشارة معلومات أو أصوات متعددة ضمن هذا المجال، والحوامل الثانوية تبدو وكأنها حزمتان جانبيتان على كل جانب من التردد المركزي. ويمتد تردد الفيديو في النظام NTSC من نحو 30 هرتز وحتى 4.2 ميغاهرتز. في النظامين الرئيسيين للارسال التلفازي القياسي تكون مواقع حوامل الفيديو

والصوت مختلفة قليلاً ولها عرض حزمة أوسع. والشكل 3-11 يوضح شكلاً من نظام PAL حيث لكل بلد نظامه الخاص به ولا يمكن صُنع معدّل RF يستخدم عالمياً، فما يمكن استخدامه في شمال أمريكا لن يعمل بكفاءة عالية في فرنسا وألمانيا.



شكل 3-11. مقارنة بين إطارات الصوت والفيديو لكل من النظامين NTSC و PAL (625خطا). في نظام PAL. تمتد الحزمة من 0 وحتى 5.5 ميغاهرتز مع حامل ثانوي للصوت متمركز عند 4.43 ميغاهرتز. باستثناء بعض بلدان امريكا الجنوبية. فإن نظام PAL يستخدم هذا التوضع للتردد في معظم بلدان العالم. تمتد حزمة الصوت من 6 إلى 9 ميغاهرتز مع حامل ثانوي عند احد الترددين 6.5 أو 6.65 ميغاهرتز. وهناك ثلاثة ترددات ذروة مختلفة للصوت وذلك من أجل 50 و75 او 117 ميكروثانية. ويتم ضبط مستويات الحوامل والحوامل الثانوية المختلفة للوصول إلى أقل حد ممكن من التداخل بين الاقنية وخاصة المتاخمة لبعضها.

دارات معدّل RF - نموذج أمريكي

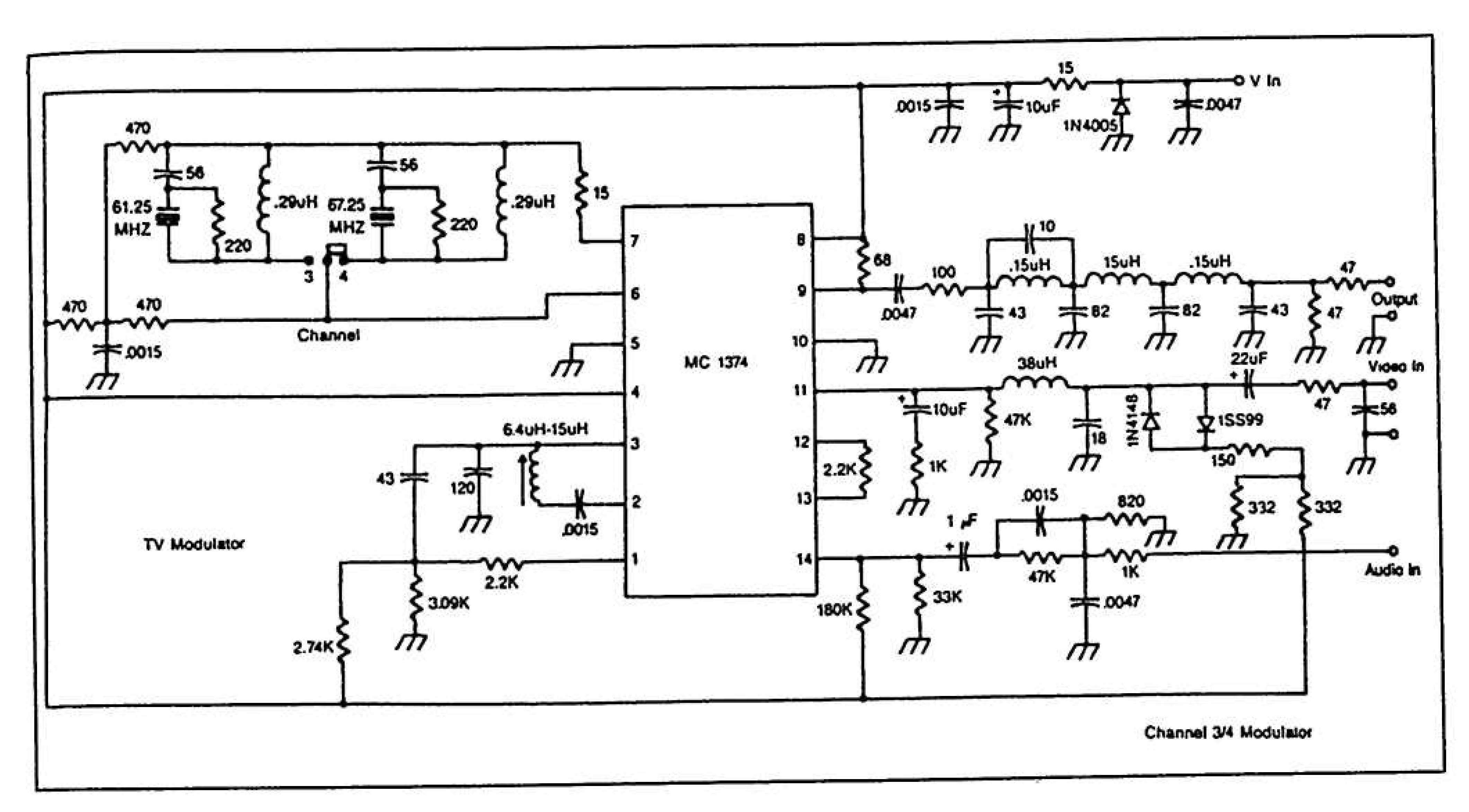
لم تستخدم معدّلات RF فقط في مستقبلات الأقمار الفضائية بل استخدمت أيضاً في الحواسب المنزلية، ومسجلات وألعاب الفيديو. ولانتشارها الواسع نظراً لرخص ثمنها- في التحكم بألعاب الفيديو. فقد تم تطوير العديد من الدارات المتكاملة الخاصة بهذه المعدّلات يمكن تقسيم المعدّلات إلى معدلات ذات تحكم كريستالي أو معدّلات يتم توليفها بعناصر LC (مكثف/ملف). ويستخدم في المعدّلات ذات التحكم الكريستالي كوارتز كعنصر تلحين وبذلك يمكن تثبيت التردد باستقرارية عالية زمنياً وحرارياً. وتكون المعدّلات المضبوطة بمساعدة LC أقل ثمناً من المعدّلات الكريستالية، غير أنها أقل ثباتاً للتردد، خصوصاً مع الزمن.

المعدّلات الكريستالية

يبين الشكل 4-11 مثالاً لمعدّل متحكم به كريستالياً يستخدم الدارة المتكاملة MC1374. ويمكن اختيار الأقنية بانتقاء حالة مفتاح بين كريستالين موصنين مع الدارة المتكاملة عبر الملامس 6 و7. ويتحقق التلحين الناعم بانضغاط أو امتداد قلب ملف 0.29 ميكروهنري. هناك مكثف ربط بقيمة 43 بيكوفاراد يحقق ربط إشارة الصوت مع الفيديو والدخول عبر مقاومة 2.2 كيلو أوم إلى الملامس 3 و1 للدارة المتكاملة. ويقوم الملف المتغير من 6.4 إلى 15 ميكروهنري بضبط مذبذب الصوت على التردد 4.5 ميغاهرتز. و قد صممت الشبكة المؤلفة من مكثف/مقاومة لتحقق الذروة على دخل الصوت وهي تُخمِّد (Roll Off) ترددات الصوت المنخفضة وبذلك تقوي المركبات الترددية المرتفعة للإشارة.

يشكل الملف 38 ميكروهنري والمكثف 18 بيكوفاراد مرشحاً ذو تمرير منخفض على دخل الفيديو بحيث يمنع أي حامل ثانوي للصوت من أن يمزج مع الإشارة المرئية. وكذلك تشكل الملفات الثلاثة بقيمة 0.15 ميكروهنري مع المكثفتين 43 و82 بيكوفاراد مرشح تمرير منخفض أيضاً من أجل اختيار الأقنية 4 وما دونها، وينجم في الخرج إشارة بحزمتين جانبيتين بدلاً من حزمة جانبية واحدة، وهذا يؤدي إلى تشويه أقل ولكن يسبب تداخلاً مع القنال المجاورة الأقل تردداً وذلك لوجود معلومات التعديل والتي كانت سوف تضغط تلقائياً لولا وجود الحزمة الجانبية.

جميع المعدّلات RF المباعة في الولايات المتحدة يجب أن تخضع لمصادقة هيئة الاتصالات الفيدرالية FCC ولكن لا يقوم كل المصنعين للمستقبلات بمصادقة المستقبل / المعدّل من قبل هذه الهيئة. وعندما يكون المعدّل مصدقاً، يظهر ذلك برقم متسلسل خاص بالهيئة FCC على البطاقة البيانية للمعدّل. ومع أن معظم المعدّلات قابلة للتبديل غير أن العنصر المستبدل يجب أن يكون مماثلاً بدقة إذا كان المطلوب المحافظة على مصادقة الهيئة للمستقبل .



شكل 11-4 معدل RF اعتيادي حيث تستخدم الدارة المتكاملة 1374.

تداخل الترددات الراديوية RF Interference

إذا كان خرج المستقبل الفضائي مولفاً على قنال قريبة من قنال محلية أرضية لها ذات التردد، فإنه يمكن حدوث تداخل تحدد نسبته حسب عوامل منها البعد عن المرسل وجودة التحجيب لكتلة RF لجهاز التلفاز. فمثلاً، إذا كان هناك محطة أرضية تبث على القنال 2 فإن تداخلاً سيحدث على القنالات 3،2.

يتم كشف التداخل سريعاً لتحديد فيما إذا كان التلفاز يستقبل الصورة من المرسل المحلي دون وصل الهوائي، فإذا ظهرت الصورة، فإن هناك تداخلاً مع القنال وقد يكون التداخل مع القنال المجاورة أيضاً. وفي اغلب الحالات، يمكن رؤية التشويه كخطوط وتموجات رفيعة بيضاء وسوداء على الصورة. وفي حالات التشويه الحاد يمكن رؤية صورة ثانية للمرسل المحلي وهي تطفو على خلفية إشارة القنال الفضائية.

أعطال معدّل RF

إن المعدّلات المعدة لاستقبال الأقمار الفضائية لا يمكن مهما كانت الطريقة أن تنقل إشارة مرئية أو صوت بجودة عالية. و يتطلب تحقيق خرج مناسب وجود معدّل خارجي وهذا ضروري أيضاً إذا كانت التمديدات لخط النقل تتجاوز 75متراً (250قدماً)، أو إذا كان هناك عدة أجهزة تلفزيونية مربوطة إلى ذات المعدل. ففي نظام التوزيع المشترك، ينبغي استخدام أكثر من معدِّل خارجي لمزج العديد من الأقنية المختلفة قبل شحنها على الناقل المحوري؛ هذه المعدلات الخارجية يمكن لها أن تعمل مع أقنية متجاورة شريطة أن يكون لها مرشحات ذات حزمة تمرير مناسبة.

إن الصورة المشوهة يمكن أن يكون سببها التداخل مع محطة أرضية أو حدوث عطل في معدل المستقبل لإشارة الأقمار الفضائية. إذ أن فقدان الغطاء أو عدم وجود تمرير ملائم لتغذية الكهربائية، يجعل الإشارة ترتد إلى دارات الفيديو مما يسبب خطوطاً موجية في الصورة. كذلك فإن الزيادة المفرطة في مستويات إشارات الصوت والفيديو تؤدي أيضاً لمثل هذه الظاهرة إضافة إلى قرقعة في الصوت.

وإن عطلاً في أحد عناصر المعدل يسبب الحالة ذاتها. لتحسين تمرير التغذية يجب إضافة مكثفات بقيمة 1.5 إلى 4.7 بيكو فاراد بين خط التغذية والأرضي. وينبغي أن تكون الأرجل أقصر ما يمكن وأن تتوضع المكثفات في أقرب نقطة من المعدل.

إن التلفزيون التركيبي Synthesized Television يولف على أقنية معينة لا يمكن تبديلها. إذ لا يمكن لمعدل LC يغذي مثل هذا الجهاز أن يلائم الترددات المطلوبة تماماً.

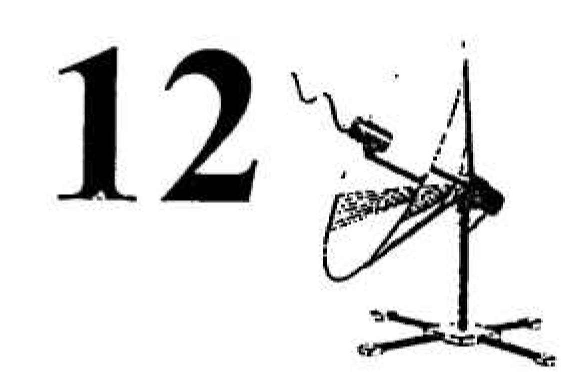
ويحتوي هذا التلفاز عموماً على مفتاح Cable/TV أو مفتاح narrow/wide من بين مفاتيح التحكم، ويجب وضعه على النمط wide band ليستطيع أن يقفل على خرج المعدّل.

في هذه الحالة، إن لم تظهر الصورة أو الصوت بوضوح، فإن هناك حاجة لضبط قلوب الملفات في دارات الفيديو والصوت لتحسين الاستقبال. ويتم ذلك بأداة معزولة كمفك براغي بلاستيكي. ويجب عدم تدوير قلب الملفات لأكثر من دورة كاملة في اتجاه واحد، لأن المسننات قابلة للعطب بسرعة لأنها مركبة من بودرة الفريت ويمكن تحطيمها إذا ضغطت عند أسفل الملف وعندئذٍ من المحتمل أن يتم توليف الجهاز إلى قناة غير القناة المطلوبة أو قد يؤدي ذلك إلى حدوث خلل ما في دارة الفيديو.

إذا جرى ضبط حامل الصوت على تردد غير صحيح فإن الصوت قد يرافقه ضجيج أو يبقى خافتاً أو حتى يختفي تماماً. وإن تم الضبط عند ترددات منخفضة كثيراً فسوف يسمع أزيز، وخاصة عند ظهور أحرف أو ألوان مشبعة على الشاشة وتحدث نفس الظاهرة إذا كان مستوى إشارة الفيديو عالٍ جداً أو إذا كانت الترددات العالية قد تم تكبيرها.

باختصار، إذا حدثت مشكلة في الفيديو أو الصوت في خرج الإشارة الراديوية RF، ينبغي دائماً فحص مخارج الصوت والصورة لنتأكد من وجود العطل عند تلك المخارج أيضاً. وفي حال كون الإشارات نظيفة على تلك المخارج، هناك احتمال أن يكون العطل في المعدل. وقبل إخراجه من مكانه، يجب محاولة إعادة قصدرة الوصلات وخاصة وصلات التأريض. وكذلك محاولة فحص توضع أغطية العلب المعدنية، وقبل كل شيء التأكد من العلامات المميزة في أعلى الملفات والتي تشير بأنه قد تم العبث بها.

12



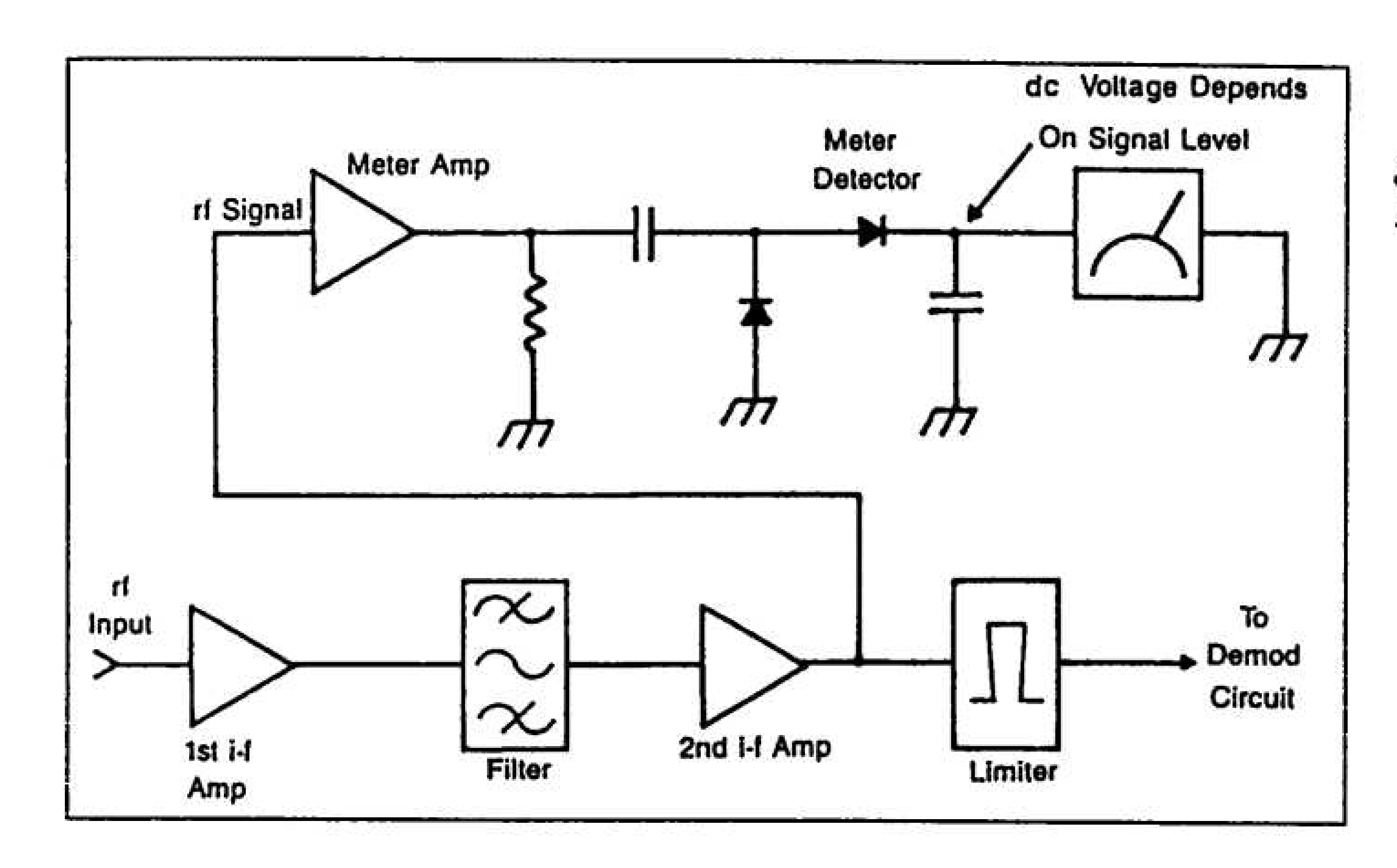
دارات ومنافذ مختلفة للمستقبل

Miscellaneous Receiver Circuits And Issues

إن دارات مستقبل الأقمار الفضائية التي لم تدرس سابقاً سوف تعالج في هذا الفصل؛ وهذه تتضمن دارات التحصين، إشارات البيان (الدلالة)، الذواكر والتحكم عن بعد.

دارات البيان Indicator Circuits

دارة البيان الأولى التي تخطر لذهن هي مقياس شدة الإشارة. يستخدم هذا المقياس لالتقاط إشارة قرص الهوائي ويساعد على ضبط وتنحين تردد القنال وكذلك الاستقطاب. وهو يقرأ بوحدات نسبية فتدريجات المستقبل المصنع من قبل Earth Terminals هي بالديسيبل؛ وفي بعض المستقبلات، ينسب التدريج إلى مستوى إشارة التردد المتوسط IF. فإذا كانت الإشارة ذات مستوى صحيح فإن المقياس يشير إلى وضع إبرة بين منتصف وكامل المجال. وفي مستقبلات أخرى يمكن ضبط المقياس على وضعية معينة في مجال القياس، والشكل 12-1 يبين دارة مقياس شدة إشارة عادي.



شكل 12-1 دارة شائعة لقياس شدة إشارة. في هذه الدارة، يؤخذ الدخل من إشارة التردد المتوسط قبل التحديد مباشرة.

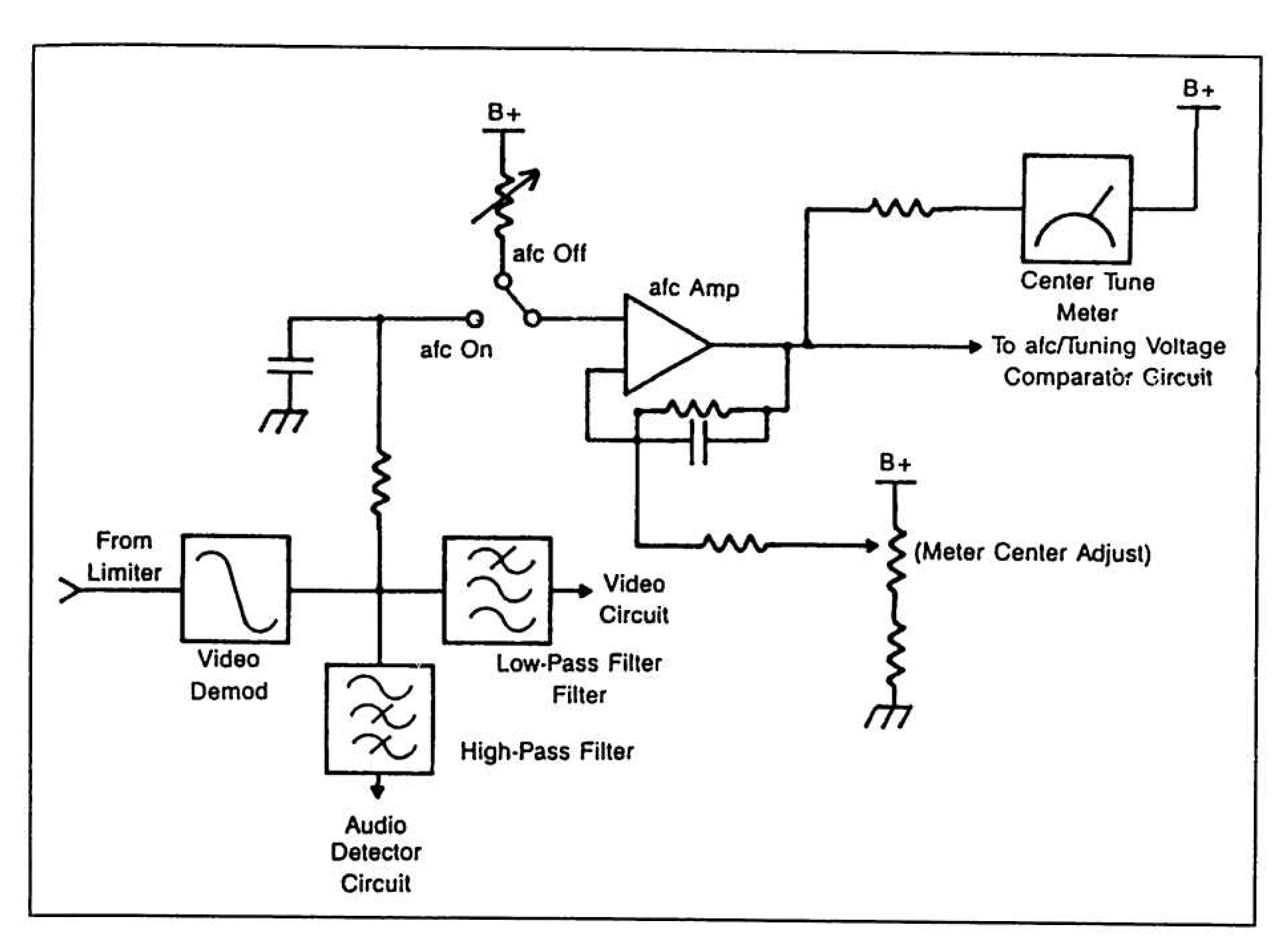
تستخلص الإشارة المراد قياس شدتها من دارة التردد المتوسط بعد ترشيحها ولكن قبل دخولها المحدّد، يتم تكبير إشارة التردد المتوسط بواسطة ترانزستور ومن ثم يتم كشفها بواسطة ديود. هذه الإشارة المكتشفة يتم تطبيقها على المقياس. والمقاييس الميكانيكية مدّرجة بالميكرو أمبير وعندما يكون التيار المار بحدود 50 إلى 200 ميكرو أمبير يشير المقياس عادة إلى

كامل مجال. وإذا كانت القراءة أقل من ذلك فإنها دلالة على وجود مشكلة في كتلة الضجيج المنخفض LNB أو خط النقل أو قرص الهوائي وهذه الأعراض تظهر أيضاً من مشاكل التردد المتوسط أو تكبير التيار المار في المقياس.

هناك مقياس آخر حيث يكون المؤشر في المركز. وتؤخذ الإشارة من حلقة التغذية العكسية للتحكم الآلي بالتردد AFC حيث تستخدم لكشف حالة عدم التوازن في حلقة AFC. وإذا كانت قناة القمر الفضائي مولفة جيداً فإن الجهد الاسمي AFC يكون بقيمة 1 + أو 2 + فولت. ويكون المقياس في نقطة المركز.

فإذا انحرفت القناة عن وضعها الصحيح. يتغير معها جهد التحكم AFC إلى جهد أكثر إيجابية وهذا يؤثر على جهد التنحين للمذبذب المحلي LO بحيث يضبط التردد آلياً لإعادة التوازن لدارة التحكم الآلي بالتردد AFC.

وإذا انخفض تردد القناة إلى قيمة دون التردد المركزي الاسمي تصبح الدارة غيرمتوازنة ويكون الجهد AFC أكثر سلبية. وذلك حسب الدارة المستخدمة وبذلك يضاف الجهد أو يطرح من جهد التنحين وتعاد القناة إلى نقطة توازن التحكم الآلي بالتردد AFC. والشكل 12-2 يوضح دارة قياس عامة لضبط مركزي للتردد.



شكل 12-2 دارة قياس شائعة لضبط مركزي للتردد. تؤخذ إشارة الدخل من إشارة الفيديو بعد كشفها أو من الكاشف ذاته. ومن ثم يتم تكبيرها لتأمين الجهد الصحيح للتحكم الآلي بالتردد AFC. يقود هذا الجهد مقياس الضبط المركزي.

دارات البيان LED Circuits

إن ديود الانبعاث الضوئي Light emitting diode يصدر ضوءاً لدى مرور تيار ضمنه، وتستخدم هذه الديودات في معظم المستقبلات الفضائية لإظهار رقم القناة، مستوى الصوت، وضعية قرص الهوائي، اسم القمر الفضائي، شدة الإشارة وأيضاً كمؤشرات لأوضاع أخرى.

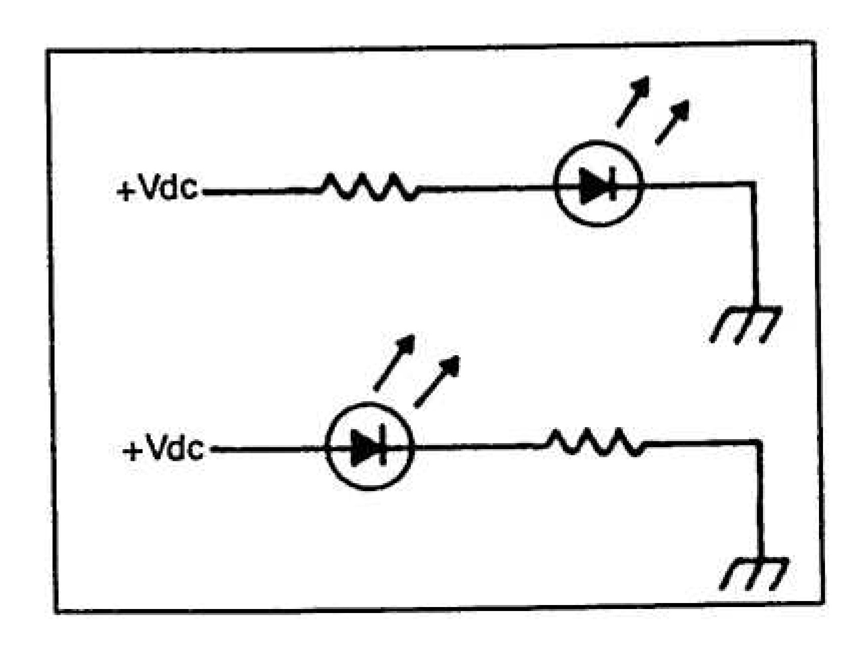
تتألف جميع دارات ديودات الإظهار من جهد استقطاب صحيح ومقاومة تحديد تيار موصولة تسلسلياً مع ديود الإظهار LED. هناك دارة تحكم لفتح وإغلاق الجهد وهذه عبارة عن ترانزستور NPN أو دارة متكاملة تعمل كمقارن، أو دارة متكاملة تعمل للقيادة ويمكن أن تكون مفتاحاً ميكانيكياً أو إلكترونياً.

يمثل الشكل 12-3 دارة أساسية لديود إظهار مؤلفة من جهد مستمر 12+ فولت ومقاومة 470 أوم إضافة إلى ديود

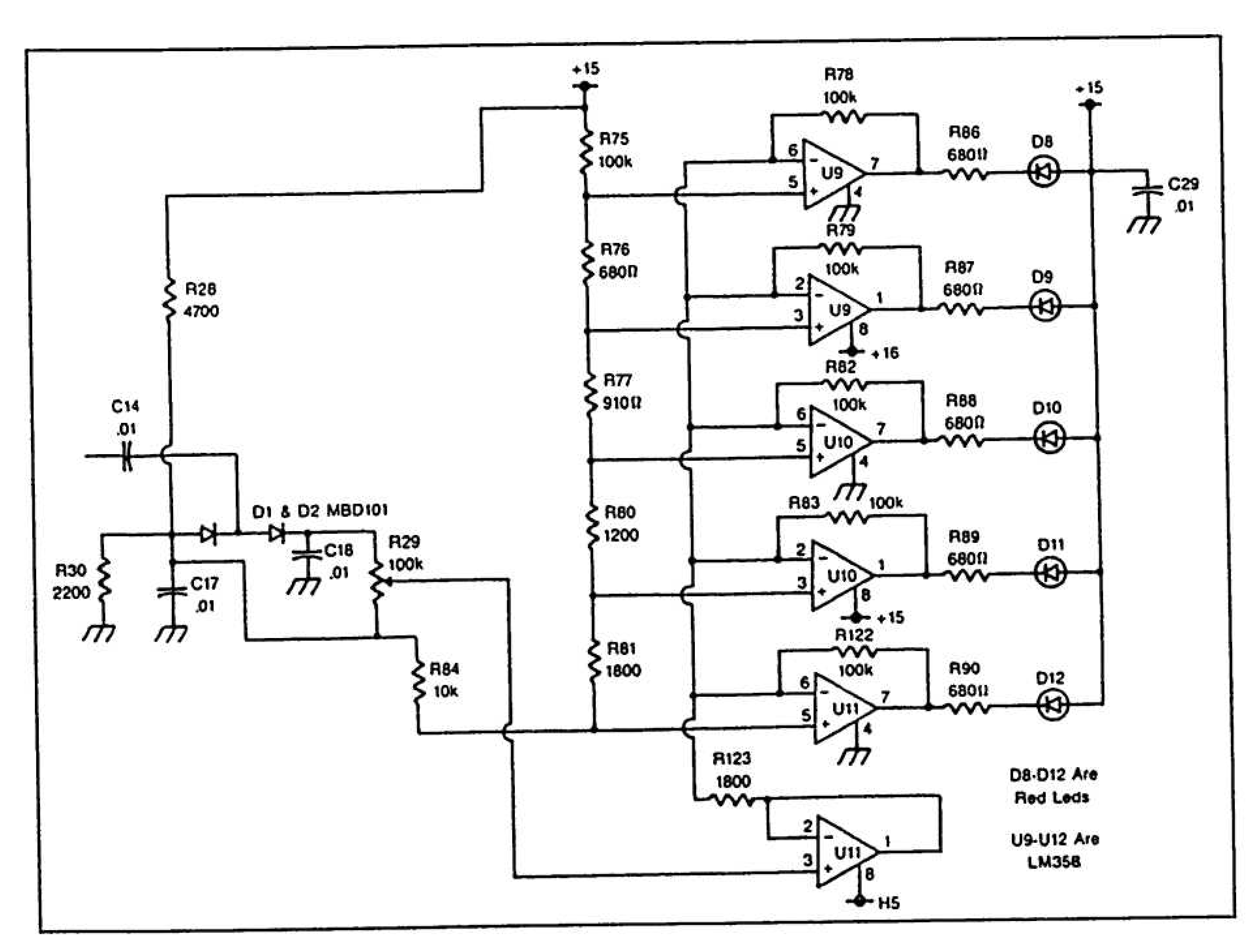
الإضهار. ويلاحظ بأن الثنائي LED له قطبية معينة. ويجب أن يتم توصيه بصورة صحيحة وإلا فإنه يتعرض لتعطب. فديودات الإضهار سماحية بالجهد العكسي أقل بكثير من معظم الديودات الأخرى ومن السهل تحطيمه إذا تم توصيه بصورة عكسية أو إذا تعرضت مقاومة التحديد لنقصر أو كانت ذات قيمة منخفضة جداً أو مفصولة.

يعمل ديود الإضهار عند أي جهد بدءاً من 1 فولت مستمر. والعامل المقرر هو قيمة مقاومة تحديد التيار. إذ يجب أن تزداد مع ازدياد الجهد. فمثلاً من أجل 15 فولت تكون قيمتها 680 أوم. ومن أجل 12 - فولت مستمر تصبح 470 أوم. وهي 330 أوم عندما يكون الجهد 5- فولت وهكذا... إن موضع المقاومة والديود بالنسبة للجهد والأرضي ليس هاماً. (انظر الشكل 12-3).

يبين الشكل 12-4 إظهاراً اعتيادياً لشدة الإشارة. حيث يستخدم جزء من الدارة المتكاملة U_{11} لتعمل كعازل جهد. فهي تستقبل الجهد المستمر الذي يتناسب مع إشارة دخل التردد المتوسط عند الملمس 3 ويقوم الديودين D_1 وD_2 بتقويم الإشارة ومن ثم يضبط مستوى الجهد المستمر بواسطة مقاومة المتغيرة R_{29}. تؤمن الدارة U_{11} الجهد اللازم لجميع المداخل العاكسة لبقية الدارات المتكاملة.



شكل 12-3 تحديد سحب التيار لديود إظهار. تستخدم مقاومة لتحديد تيار السحب وإذا كانت المقاومة مقصورة أو ذات قيمة غير صحيحة فإن ديود الاظهار يمكن أن يحترق. وهو من انصاف النواقل التي تبعث ضوءاً لدى مرور التيار في الاتجاه الصحيح. ولإظهار الأحرف الابجدية توصل مجموعة من الصاعد او الهابط لديودات الإظهار بعضها مع بعض.



شكل 12-4 إظهار شدة الإشارة باستخدام ديودات LEDs. في هذه الدارة تضيء الدايودات من D8 إلى D12 بمجرد أن يرتفع الجهد عند الملمس 3 من الدارة U_{11}. ويضبط المستوى عن طريق المقاومة R29.

يتم توصيل بقية الدارات المتكامة (كلا الجزأين U_{10} و U_{11} والجزء المتبقي من U_{11}) لتعمل كمكبر عملياتي جامع حيث يكون خرج كل منها مساويا لجهد الدخل الموجب مطروحا منه جهد الدخل السالب. ويُضبط الجهد الموجب بحيث يكون في أعلى قيمة عند المس 5 من الدارة U_{10}، وأقل قيمة عند المس 5 من الدارة U_{11}.

إن جهد الخرج لكل دارة متكاملة هو عالي بشكل كافٍ ليحافظ على حالة إطفاء لديودات الإظهار ما لم يأتي جهد من المس 1 للدارة U_{11}، وحالما يتجاوز الجهد السالب للدخل الموجب، يهبط خرج الدارة المتكاملة إلى الأرضي وعند ذلك تضيء الديودات. وحين يكون الدخل السالب دون جهد الدخل الموجب الثابت فإنه يتم إطفاء الديودات تدريجيا.

يبدأ الديود D_{12} بالإضاءة أولاً. ويتبعه D_{11}، D_{10}، D_{9} وأخيراً D_{8}، وهكذا يكون هناك خمسة مستويات فقط. وهذا النوع من الإظهار يمكن استخدامه بسهولة لالتقاط وضعية قرص الهوائي أو وضع الاستقطاب.

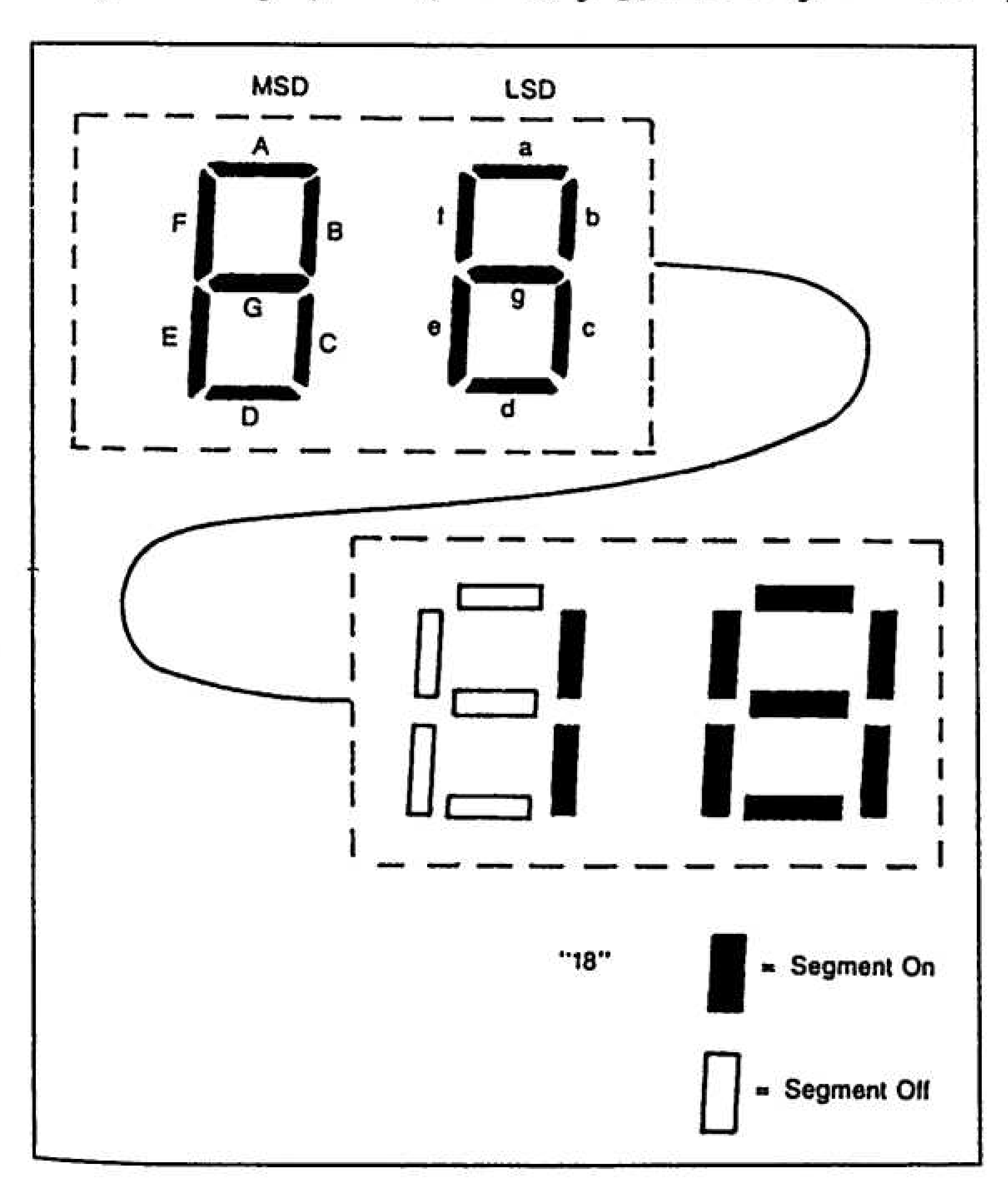
القراءة بديودات الإظهار

LED Read - out Displays

عندما يتم وصل عدة ديودات إظهار وبترتيب معين يمكن تشكيل رمز حرف أبجدي أو رقم. واجتماع هذه الرموز يستخدم للدلالة على رقم القنال، تردد الحامل الثانوي للصوت، مكان توضع قرص الهوائي أو اسم القمر الفضائي ورقمه.

يوضح الشكل 12-5 جزأين اعتياديين للإظهار بطريقة القطع السبع (7-Segment) المستخدمة للدلالة على رقم القنال. الأحرف الصغيرة من (a) إلى (g) ترمز إلى القطع السبع في الخانة الأقل أهمية (LSB) في حين تدل الأحرف الكبيرة على الخانة الأكثر أهمية (MSB)، فإذا كان المطلوب إظهار رقم 1، يضاء العنصرين b و c فقط، وتضاء جميع العناصر من أجل رقم 8. هذا النوع من الإظهار يناسب الأعداد ويمكن الاستفادة منه أيضاً لإظهار بعض الأحرف مثل (A، C، E، F، H، J، L، P، S و U).

إن وحدات إظهار الأحرف الأبجدية والأرقام تعمل بذات الطريقة التي تعمل بها ديودات الإظهار. فكل جزء يضيء أو ينطفئ بتطبيق الجهد أو وصل الأرضي. ويمكن تقسيم الإظهار بطريقة الديودات LEDs إلى نوعين هما المهبط المشترك والمصعد المشترك.



شكل 12-5 الإظهار بطريقة القطع السبع ويوجد زوج للدلالة على رقمين. والقطع يشار إليها عموماً بالأحرف a-g للرقم ذو الوزن الأقل وبالأحرف A-G للرقم ذو الوزن الأقوى. ومع ذلك فإن هذا الاصطلاح ليس مطلق الاستخدام. لإظهار الرقم 18 تضاء المقاطع B، C ومن a إلى g.

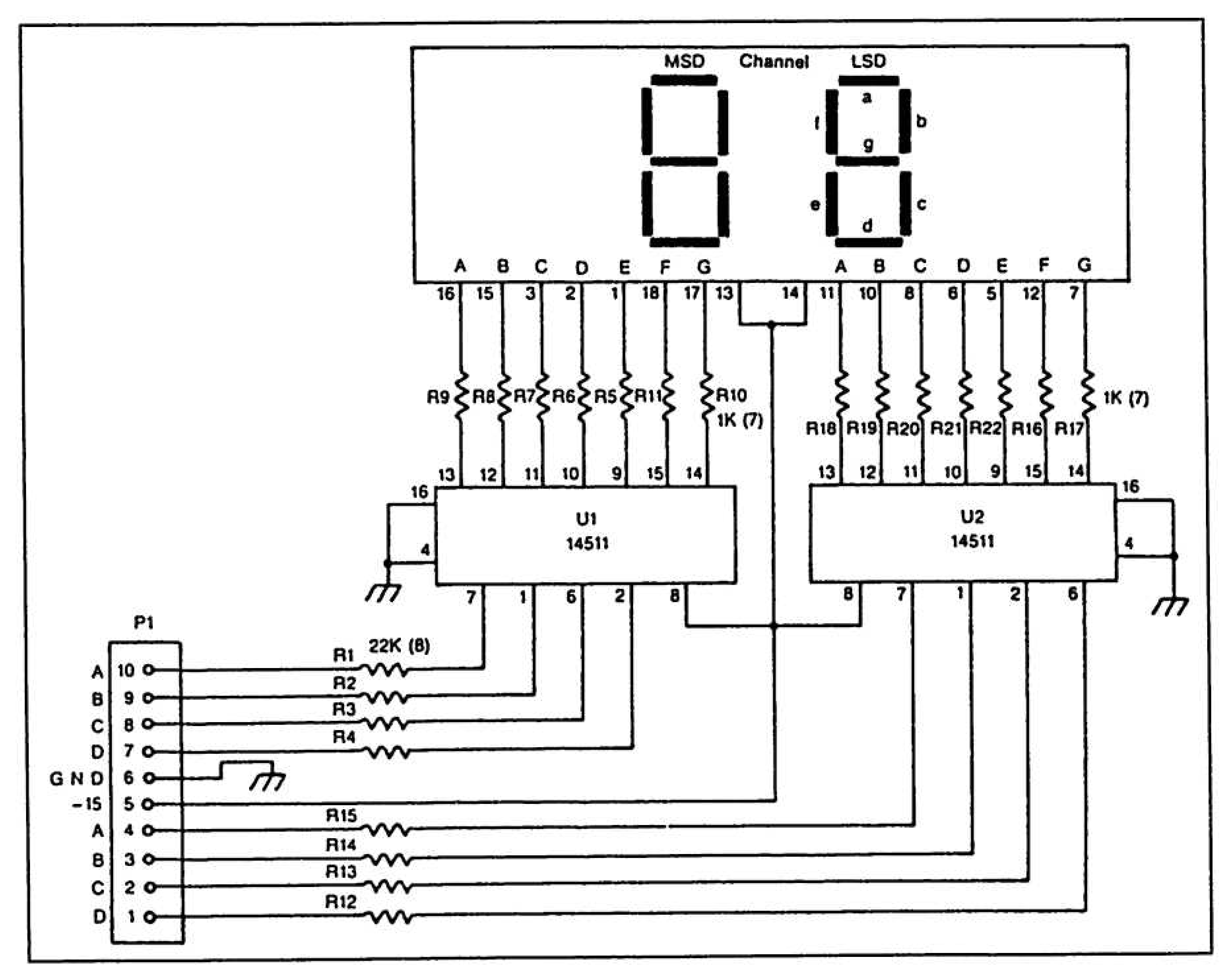
الإظهار بطريقة المهبط المشترك

في هذه الطريقة يتم توصيل جميع المهابط لعناصر LED مع بعضها إلى نقطة تربط مباشرة مع الأرضي. ويوجد بعض الدارات التي تتميز بجهد سالب مشترك حيث تفعل عناصر الإضاءة بتأريض مداخلها.

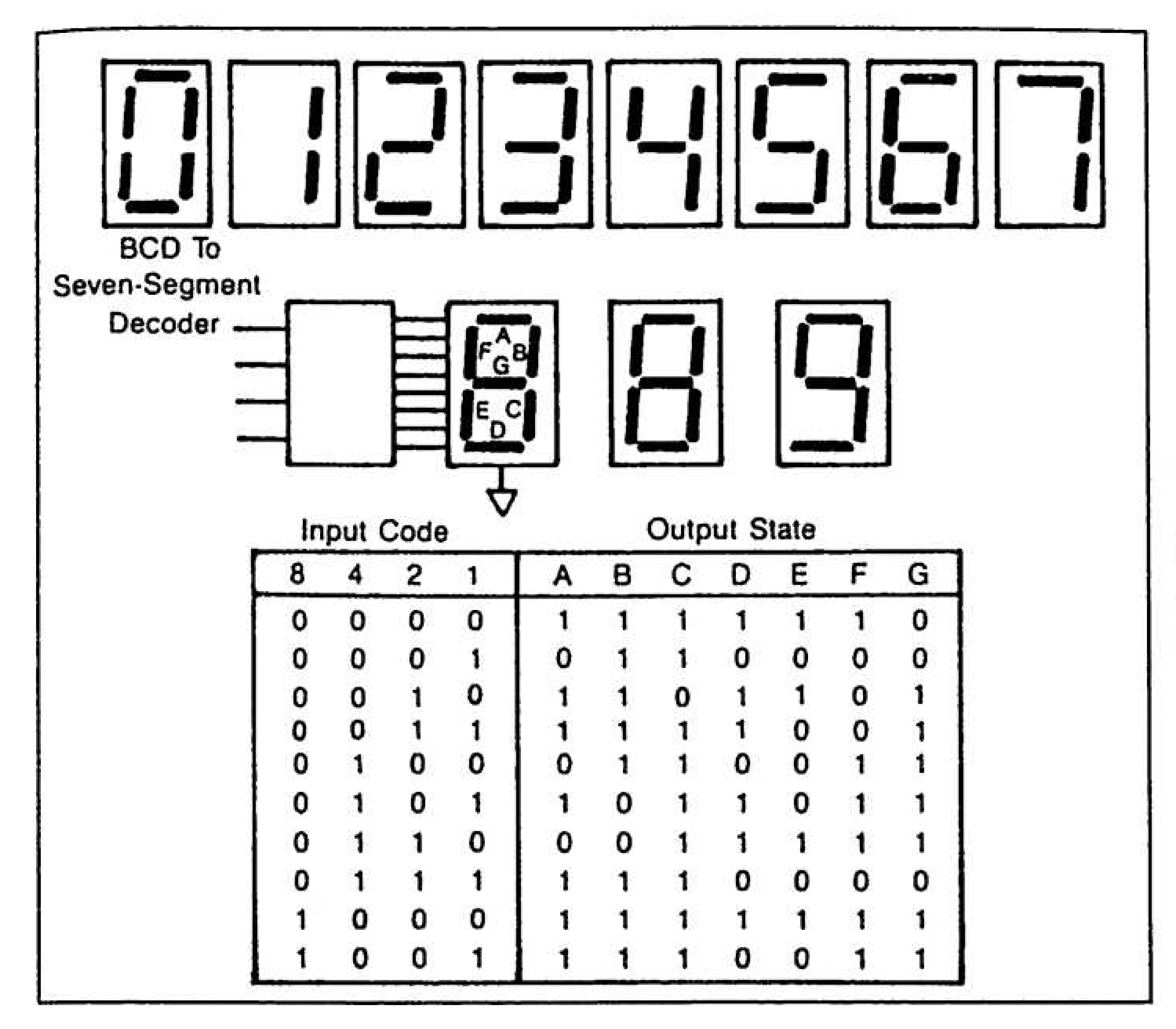
تستخدم عادة طريقة "التأريض المشترك" في الإظهار وذلك عند وجود جهود موجبة وسالبة في الدارة. فالتغذية السالبة عموماً يكون فيها تيار السحب محدوداً بينما التغذية الموجبة تعمل بطاقتها العظمى. وبما أن عناصر الإظهار تحتاج إلى كمية تيار لا بأس بها، لذلك فإن سحب الطاقة من التغذية السالبة يحقق قسمة متساوية لكامل تيار السحب بين منظمات الجهد الموجب والسالب. والشكل 12-6 يبين مثالاً لدارة متكاملة مستعملة للإظهار والمسك والقيادة وموصولة بطريقة المهبط المشترك.

إن قراءة العدد من خانتين والذي يشير إلى رقم القنال يتم بواسطة الدارة MAN74As والدارات المتكاملة (U_1 وU_2) هي ذات رمز 4511، هذه الأخيرة عبارة عن دارة CMOS تعمل كماسك 7 قطع وقيادة لدارة الإظهار، جدول الحقيقة لهذه الدارة موضح في الشكل 12-7 حيث يبين مختلف الحالات التي يمكن حدوثها، تقوم الدارة 4511 أو أي دارة مسك 7 قطع وقيادة إظهار بأخذ القيم BCD (0 - 9) على الملامس 1، 2، 6 و7 وتحويلها إلى إشارة قيادة بحيث تؤمن الجهد إلى الملمس 16.

إذا كانت جميع المداخل في حالة صفر منطقي، عند ذلك تكون جهود المخارج ممسوكة عند جهد الملمس 8. وفي أغلب الدارات يكون هذا الملمس للدارة المتكاملة 4511 مؤرضاً والملمس 16 موصولاً للجهد الموجب. ولكن هنا جرى وصل الملمس 8 إلى جهد سالب 15 فولت والملمس 16 تم تأريضه. وبما أن الملمس 16 أكثر إيجابية من الملمس 8 (أو أقل سلبية كما هو الحال هنا)، فإن الدارة تعمل جيداً، ولنلاحظ بأنها تحتاج إلى كلمتين BCD لتشكل العدد بخانتين.



شكل 12-6 الإظهار بطريقة المهبط المشترك. في هذه الحالة تؤمن الدارات المتكاملة من نوع 4511 جهد القيادة. وحيث أن النقطة المشتركة (الملامس 13 و14) موصولة إلى الجهد 15- فولت مستمر بدلاً عن الأرضي كما هو في الحالة الطبيعية فإنه من الصعب الوصول إلى هذا الجهد. فكلما تجاوز أحد المداخل الجهد الصفري للأرضي ادى ذلك لتفعيل احد القطع السبع.



Input Code				Output State						
8	4	2	1	A	B	C	D	E	F	G
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1

شكل 12-7. جدول الحقيقة. هذا جدول الحقيقة للدارة المبينة في الشكل 12-6 والتي مداخلها عبارة عن BCD (ثنائي مرمز عشريا) وهي أربعة خطوط ذات وزن 1، 2، 4 و8. تقوم الدارة 4511 بفك الترميز ومسك الخارج عند القيم 1 و0 منطقي حسب الجدول.

إن تأريض الملامس من 7 إلى 10 على المأخذ P_1 (وتعني "1" منطقي في هذه الدارة) سوف تؤدي لإضاءة جميع الديودات الضوئية LEDs المخصصة لإظهار الأرقام الأكبر أهمية للوزن الأقوى MSD كذلك فإن تأريض الملامس من 1 إلى 4 سوف يُؤدي إلى إضاءة الديودات الضوئية LEDs التي تظهر الأرقام الأقل أهمية.

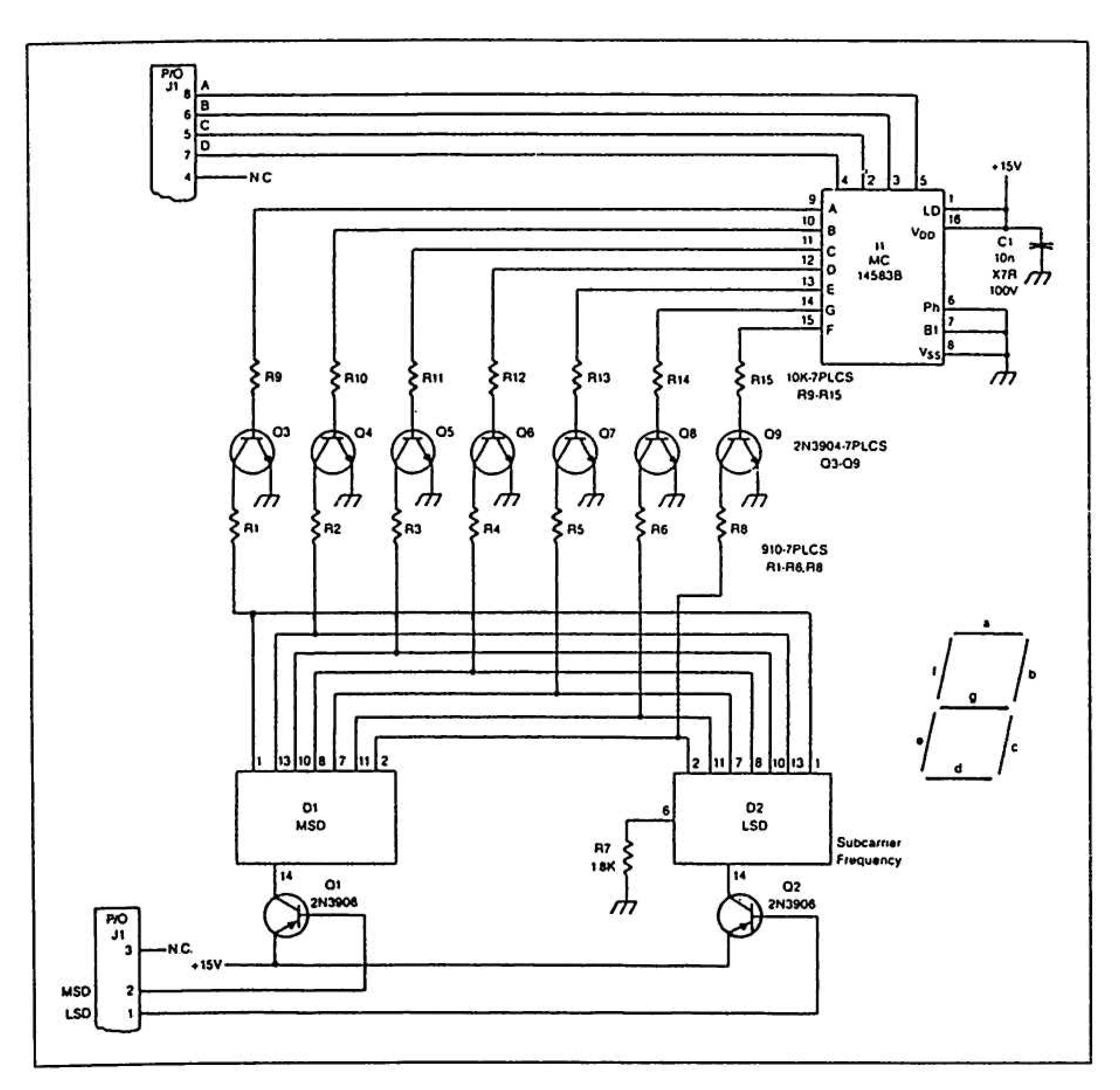
ويجب أن لا يغيب عن الذهن، وخاصة في دارات الجهد السالب بأن "1" منطقي هو الجهد المماثل لما هو مطبق على المنمس 16 لندارة 4511 بينما "0" منطقي هو الجهد المماثل لما هو مطبق على المنمس 8 لندارة ذاتها.

الإظهار بطريقة المصعد المشترك

في دارة المصعد المشترك، يطبق جهد موجب على النهاية المشتركة وتضاء القطع السبع باختيار المداخل التي يتم توصيلها إلى الأرضي.

يوضح الشكل 12-8 مثالاً لدارة إظهار بطريقة المصعد المشترك. وهنا تستخدم ترانزستورات PNP وNPN لنقل وحدة الإظهار إلى حالة عمل، حيث يطبق جهد 15 فولت موجب إلى منمس المصعد المشترك لديودات D_1 وD_2 كلما كانت خطوط MSD وLSD تشير إلى "0" منطقي (يجب الانتباه إلى أن ترانزستور PNP يفتح عند الجهد المنخفض على القاعدة).

وهذا يؤدي لوصول الجهد 15 فولت إلى المنمس 14. وعندما تصبح المخارج من "A" إلى "G" بوضع "1" منطقي تفتح الترانزستورات NPN الموافقة لها وتجعل المجمعات موصولة بالأرضي وبذلك تضيء القطع المرتبطة بالترانزستورات عبر مقاومات بقيمة 910 أوم. لنلاحظ بأن هناك دارة واحدة تقوم بقيادة شاشتين لنقراءة وليتحقق ذلك، تتقلب المداخل MSD وLSD بسرعة عالية بين حالتي الفتح والإغلاق وبنفس الوقت تتقلب المداخل A، B، C وD بين الرقمين المطلوب إظهارهما بحيث يتم قدح الرقم الأكثر أهمية MS digit في الدورة الأولى وقدح الرقم الأقل أهمية LS digit في الدورة التالية ويكون ذلك بسرعة عالية بحيث لا تلحظه العين.



شكل 12-8 الإظهار بطريقة المصعد المشترك. في هذا النوع من الإظهار يتم وصل المقاطع المفردة المراد إضاءتها إلى الارضي ويطبق الجهد الموجب المشترك عليها جميعا.

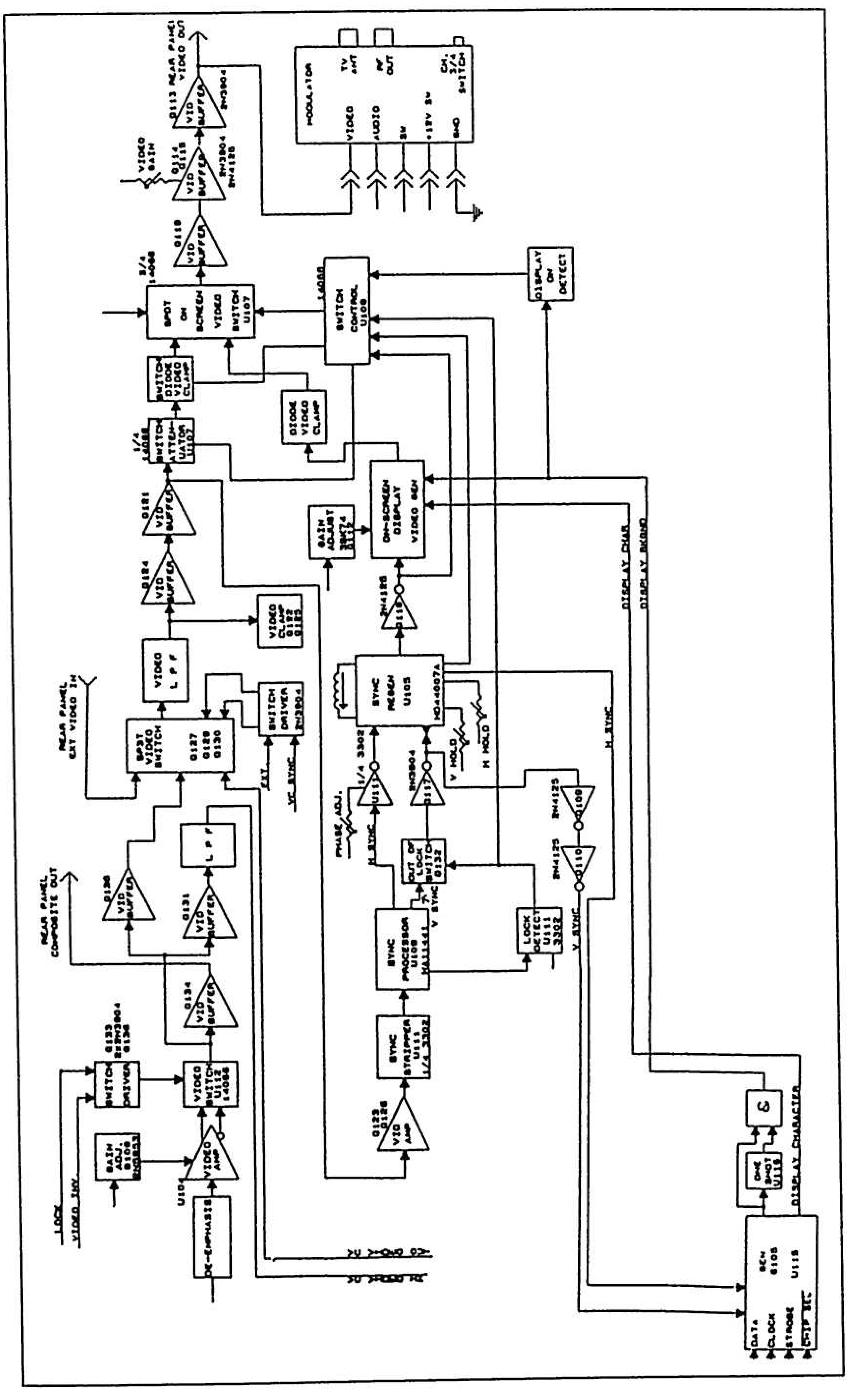
رسومات الأشكال على الشاشة

On-Screen graphics

مع عالم المستقبلات ذات التحكم بمعالج صغري، أصبحت الرسومات على الشاشة ضرورية لأي مستقبل مبرمج. ودارة الرسم على الشاشة تحتوي الجزء الأعقد من تصميم مستقبل لأنه قبل توليف الإظهار على الشاشة On-Screen display (OSD) يجب تمرير الإشارة الفيديوية عبر عدة مراحل معالجة لجعلها متزامنة مع OSD.

مع كل كتلة إظهار هناك ضرورة لوجود الدارات التالية:

- **حاذف التزامن Sync.stripper** وهو مرشحات لحذف معلومات الصورة واللون والإبقاء على التزامن المركب لكل من النبضات الأفقية والشاقولية.
- **معالج التزامن Sync processor**. ويفيد بفصل النبضات الأفقية والشاقولية الواردة عن بعضها البعض وذلك من أجل معالجتها لاحقاً.
- **مولد إعادة التزامن Sync Regenerator**. يستطيع استبدال تزامنه الخاص عوضاً عن التزامن المفقود أو الواقع ضمن التضجيج.
- **مفتاح OSD**. لوضع الأحرف على الشاشة في أماكنها الصحيحة مع كل خط فيديوي.
- **مولد الحرف Character Generator**. لتوليد الحروف المفردة على الشاشة من خلال سطح بيني مع الذاكرة أو المعالج الصغري.



شكل 12-9 مخطط صندوقي لوحدة الرسومات على الشاشة Zenith ZS-6000

الرسومات على الشاشة نموذج Zenith ZS-6000.

إن النموذج Zenith ZS-6000 هو من أكمل التصاميم التي ظهرت حتى الآن في عالم مستقبلات الأقمار الفضائية والتي تحتوي على رسومات على الشاشة. والشكل 12-9 يبين مخطط الصندوقي لدارة OSD ومعظم دارات الرسم على الشاشة متشابهة العناصر ولكن بعضها يتم جمعها على دارة متكاملة بدلاً من بقائها كعناصر منفردة.

يقوم المكبر الفيديوي (Q123-Q126) برفع الإشارة المرئية المركبة بحدود 8dB لتغذية حاذف التزامن (U_{111}) ودارة المست المحتواة ضمن عناصر المضخم. وتشكل مكونات الربط بين المضخم الفيديوي وحاذف التزامن دارة مرشح لإزالة إشارة اللون ذات التردد 3.38 ميغاهرتز إضافةً إلى معظم معلومات الفيديو ويسمح المرشح بتمرير النبضات الأفقية (H) والشاقولية (V).

يقوم حاذف التزامن بتنظيف التزامن ومستوى المخارج المنطقية من 0 إلى +5 فولت. كذلك النبضات الأفقية H والشاقولية V؛ وتمر النبضات متساوية المستوى إلى معالج التزامن (U109). وهذه الإشارة تسمى بالتزامن المركب Composite Sync.

يقوم معالج التزامن بالقفل على إشارات التزامن H و V وفصل النبضات المنفردة منها التي تشكل جزءاً من إشارة التزامن المركب عند مدخله. وإذا لم يستطع القفل على الإشارة بسبب التشجيج أو التعمية المتعمدة أو أية مشكلة أخرى تتعلق بالاستقرار، عندئذ يغلق كاشف قفل الدارة المتكاملة (U111) الذي يغلق بدوره الإشارة الشاقولية V عبر الترانزستور Q132 لتذهب إلى مولد إعادة التزامن. هذا يجعل مولد إعادة التزامن (U105) يشكل نبضات H و V نظيفة وخاصة به ويمكن ضبط تردد نبضات التزامن بواسطة مقاومات متغيرة.

إن إشارة التزامن الشاقولي، المولدة من U105 أو من الإشارة ذاتها (عبر الترانزستور Q117) تؤمن المعلومات الزمنية لدارة توليد OSD (الدارة U115). كذلك فإن إشارة التزامن الأفقي تؤمن إشارة مرجعية لدارة U115 أيضاً.

تقوم الدارة المتكاملة U115 بتوليد إشارتين هما "أحرف الإظهار display character" و"خلفية الإظهار display background". وتستخدم هاتين الإشارتين مع خرج التزامن المركب لدارة U115 عبر الترانزستور Q118 لتوليد OSD.

إن خط إظهار الخلفية يبقى في وضع "1" منطقي أثناء الجزء من كل خط مسؤول عن إظهار الرسومات (خلفية سوداء). ويكون خط إظهار الأحرف في وضع "1" فقط لدى إظهار حرف أبيض. ويتم ضبط شدة الإضاءة من خلال الترانزستور Q112 عن طريق عنصر ضبط موجود على الواجهة الأمامية.

تعمل الدارات U107 وU108 على التحكم بأزمنة فتح switching الخطوط. وفيما إذا كان التزامن المستخدم هو الأصلي أم الذي تم توليده. وهناك طرق مختلفة لتوليد واستقرار OSD. فيمكن استخدام التزامن الأساسي حين يكون نظيفاً لاستقرار الصورة أو استبداله بتزامن مولد داخلياً. ويترافق هذا التزامن مع معلومات الحروف التي يمكن إظهارها على شاشة سوداء أو زرقاء كامنة أو على شكل مستطيل أسود أو أزرق في وسط الشاشة وكذلك يمكن إظهار خط أسود رفيع يحيط بالحرف.

13

وصف كامل للدارات

لقد وقد تم حت معلومات مفصلة في الفصول السابقة. ومن الآن نربطها ونكمل بعضها مع بعض. سوف يتم وصف الدارات الكاملة لثلاثة أنواع من مستقبلات الأقمار الفضائية. اثنان منها يعملان بالنظام الأمريكي وبتردد دخل من 950 إلى 1450 ميغاهرتز وهما Chaparral cheyenne و Eneral instrument 2400R. وثالث مصمم لنعمل بالنظام الأوروبي MASPRO SRE-90R الذي يعمل بتردد دخل لكتلة LNB من 950 إلى 1750 ميغاهرتز. هذه المستقبلات هي من الأجيال السابقة ولكن دراستها تفيد بإعطاء فكرة جيدة عن طريقة عمل المستقبلات بشكل عام.

المستقبل الأمريكي The Chaparral Cheyenne

يجب أن يكون المستقبل cheyenne مصحوباً بجهاز التحكم عن بعد الخاص به إذ ليس هناك تحكم على المستقبل ذاته (انظر شكل 13-1) وهذا المستقبل صمم أساساً ليعمل تابعاً لمستقبل آخر هو chaparral sierra لذلك ينقصه التحكم على الواجهة الأمامية.

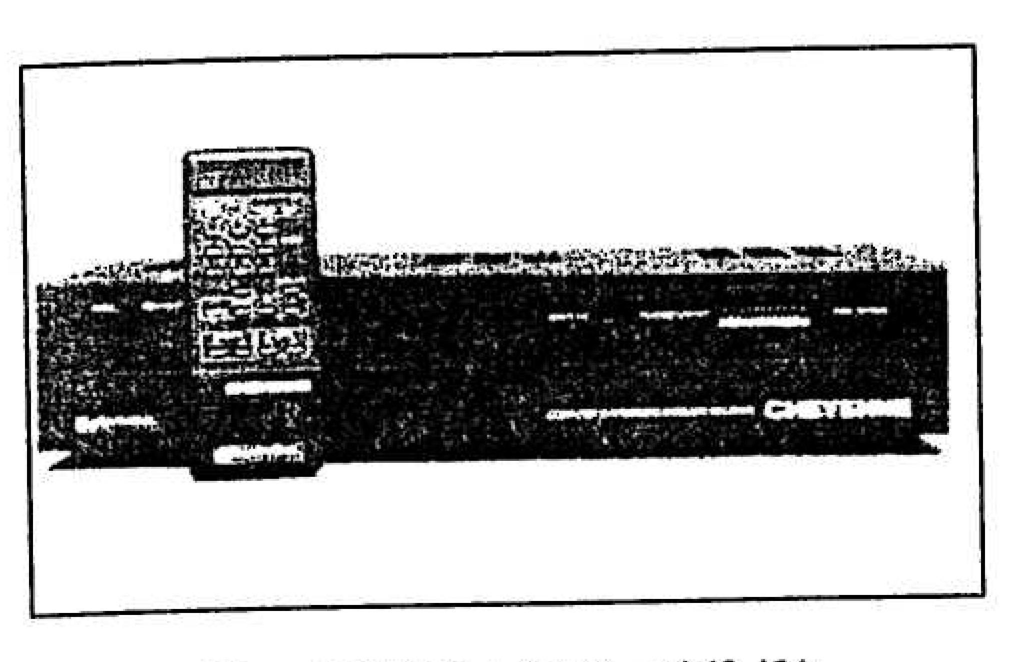
توليف المستقبل Tuning

يستطيع المستقبل cheyenne استقبال حزمة الترددات من 950 وحتى 1450 ميغاهرتز ككتلة وله تردد متوسط IF يساوي 70 ميغاهرتز (انظر الأشكال من 13-2 إلى 13-7) ويحتوي على وحدة توليف كاملة يابانية الصنع (DC101) لها دخل 1GHz وخرج 70 ميغاهرتز. وتعمل وحدة التوليف بجهود مستمرة 12+ و 5+ فولت وتمرر الجهد 18+ إلى كتلة LNB الخمية المنصهرة.

يتم التحكم بربح الناخب من خلال جهد التحكم الآلي بالربح (AGC) والذي يجمع بالدارة المتكاملة IC109. يمكن ضبط التحكم الآلي بالربح يدوياً باستخدام المقاومة المتغيرة VR102 من أجل تأمين 5+ فولت عند نقطة وصل تحكم الآلي AGC على وحدة التوليف.

تتألف دارة التحكم بالناخب من مشكل synthesizer IC104 يقوم بتوليد جهد التوليف، ومن مكبر عمليات IC105 لوحدة التوليف. يجب قراءة التردد 12.8 ميغاهرتز عند نقطة الاختبار TP101. ويمكن إجراء ضبط ناعم لهذا التردد باستخدام TC101. تقوم الدارة IC409 . بالتحكم بتردد الدارة المتكاملة IC104. وهذه واحدة من دارتين متكاملتين لسطح البيني interface مع ممر المعطيات bus في المستقبل ويتم التحكم من خلال المسس 1 ومذبذب الساعة (مسس 7) وخصوصاً المعطيات (مسس 6). والدارات مماثلة تماماً لتلك المستخدمة في المستقبل sierra.

إذا تعطلت هذه الدارة فإنها تسبب مشاكل بتوليف الأقنية لعدم إمكانية ضبط الأقنية في أسفل وأعلى المجال الترددي وفقدان الصوت والفيديو بشكل كامل إذ لا يمكن توليف أي قناة.



شكل 13-1. مستقبل أقمار فضائية Cheyenne.

دارات التردد المتوسط IF

إن خرج الناخب الكتلي مربوط سعوياً إلى وصلات حلقة التردد 70 ميغاهرتز على الواجهة الخلفية للمستقبل. ومن هذه النقطة يتم تكبيرها وترشيحها بواسطة Q101، F101، IC101، F102 و IC102. وتتعرض الإشارة للتقطيع عند خرج F102 لقيادة مقياس الإشارة ودارة التحكم الآلي بالربح AGC . تقوم العناصر Q110، D108، D109 و IC109 بكشف الإشارة وتكبيرها ويمكن اختيار وضعية مناسبة لربح التردد المتوسط من خلال التحكم بمفتاح على الواجهة الخلفية للمستقبل.

يتم كشف الإشارة الرئيسية باستخدام دارتين متكاملتين من عائلة (ECL) Emitter Coupled Logic تعملان ككاشف خطي تربيعي Quadrature. ويستخدم العنصر TC301 لضبط الكاشف من أجل استجابة صحيحة والحصول على خط بياني S عند استخدام مولد مسح 70 ميغاهرتز (مثل الجهاز comtest 1470).

إن خرج الكاشف هو إشارة الفيديو الأصلية والتي يتم سوقها إلى دارات معالجة الفيديو من خلال المقاومة R130 ودارات معالجة الصوت عبر المكثف C201 والمقاومة R201.

معالجة إشارة الفيديو

يتم ترشيح إشارة الفيديو بمرشح تمرير منخفض وذلك بغية تخميد roll off الخوامل الثانوية لإشارة الفيديو. ويتم ذلك قبل عملية التكبير التي تتم في الدارة المتكاملة IC106. تعمل المقاومة المتغيرة VR101 على ضبط تكبير الإشارة. ويختار المعالج الصغري قطبية الفيديو باستخدام الدارة المتكاملة IC107 وهي عبارة عن مفتاح CMOS. إن إعادة تشكيل إشارة بجهد مستمر للفيديو، أو مسكها Clamping لحذف إشارة dithering الخاصة بها يتم بواسطة العناصر Q103، Q104، D103، D104.

إن إشارة خرج كاشف التعمية يمكن أن تكون إما إشارة فيديو أولية ومرشحة عبر مرشح حزمة منخفضة ومكبرة بواسطة Q107، Q108 أو إشارة مكبرة ومحددة. ويتم اختيار واحدة من الإشارتين بواسطة الـ (Jumper Jp101). الأولى مستخدمة في Video cipher II بينما يحتاج كاشف الترميز Oak Orion الإشارة المحدّدة، وفي الحالتين يقوم الترانزستور Q109 بوظيفة مضخم عزل للخرج.

تساق إشارة الفيديو الرئيسية عبر المفتاح IC203 الذي يختار بينها وبين دخل الفيديو لكاشف التعمية، هذا الاختيار متحكم به بواسطة دارة متكاملة وسيطة IC409 (الملمس 4) عبر الترانزستور Q317 ومقطع واحد من دارة العزل buffering السداسية IC422.

تقوم دارة معالج التزامن IC108 بتقطيع إشارة الفيديو الواردة، وترسل التزامن الأساسي إلى المعالج الرئيسي IC401 (الملمس 7) وبذلك يمكن تحديد مدى الحاجة لاستخدام نبضات التزامن المولدة داخلياً. ويقوم مولد الأحرف IC411 بمهمة جعل الشاشة سوداء حين فقدان التزامن من إشارة الفيديو وكذلك برسم الأشكال عليها. يتم تشغيل وإطفاء التزامن الداخلي من خلال الملمس 15 للدارة المتكاملة IC108 كاستجابة لوجود أو غياب التزامن المستخدم.

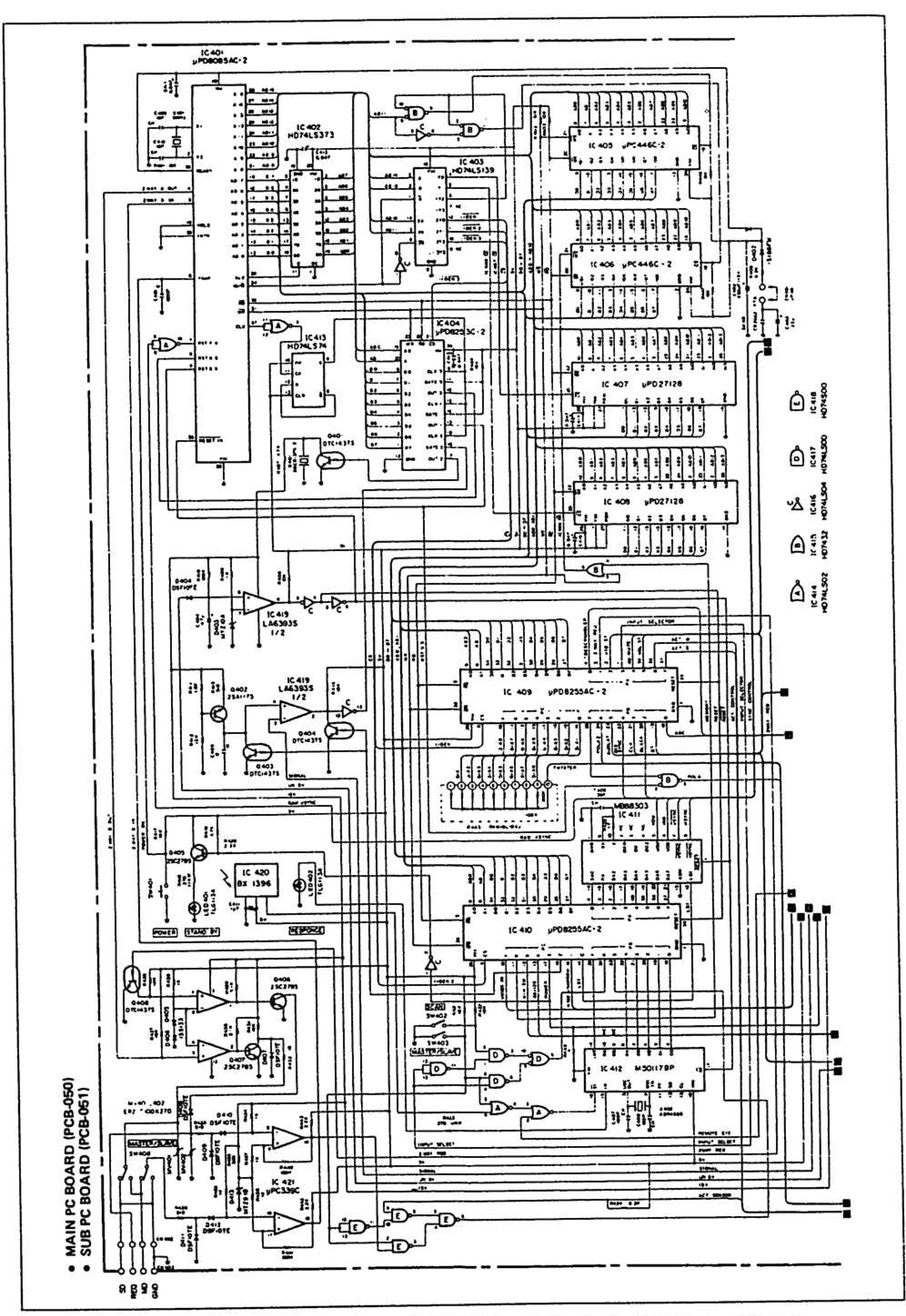
يقود الترانزستور Q105 إشارة الفيديو من أجل إدخال خرج مولد الأحرف، بينما يقوي الترانزستور Q106 إشارة الفيديو المركبة لقيادة المعدل RF.

معالجة إشارة الصوت

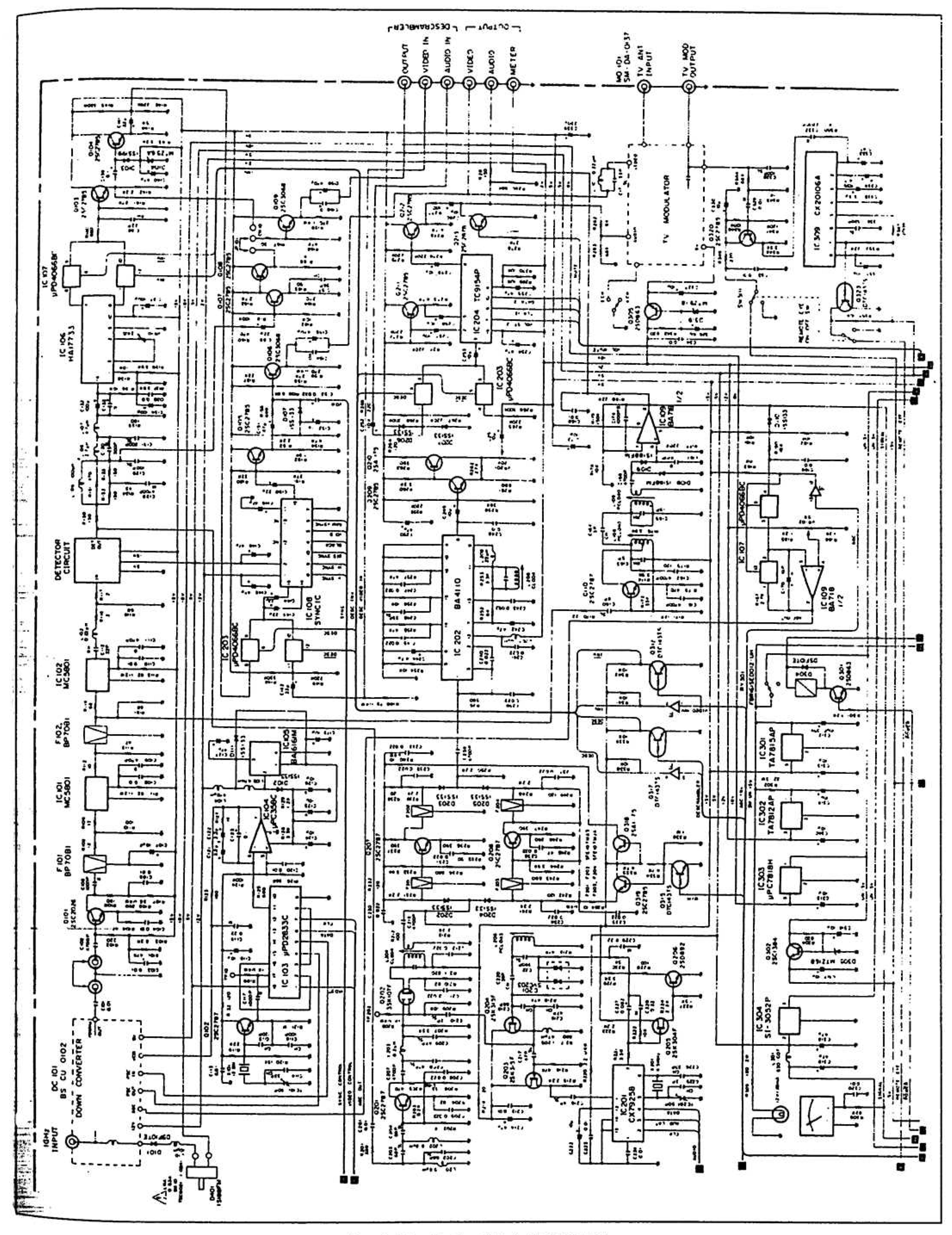
يتم كشف الصوت في أغلب مستقبلات الأقمار الفضائية باستخدام عناصر راديو تعديل ترددي FM تعمل بتردد 10.7 ميغاهرتز.

تستخدم الدارة المتكاملة IC201 ودارة توليد الجهد لتنحين اهتزاز المشكل من العناصر Q203، Q204، L206 وثنائي ذو مكثف متغير D201 وذلك لتوليف القنال المطلوبة. يمكن مراقبة خرج المذبذب المحلي (LO) في نقطة الاختبار TP202 وعادةً يتراوح تردد هذا المذبذب بين 15.7 و 19.2MHz.

تمر إشارة الفيديو الأساسية عبر مرشح تمرير عالي وذلك لحذف إشارة الفيديو وتمرير الترددات من 5.0 وحتى 8.5 ميغاهرتز وهذا يتم بواسطة العناصر المحيطة بالترانزستور Q201. وعند مزج الإشارة مع المذبذب المحلي في الترانزستور Q202 المصنع بتقنية MOSFET يمكن الحصول على إشارة تردد متوسط IF بتردد 10.7 ميغاهرتز يحمل إشارة القنال المطلوبة، وتربط هذه الإشارة عبر الملف L204 إلى دارتي ترشيح حزمة. يتم اختيار مرشحات تمرير الحزمة باستقطاب الثنائيين D202 و D203 أو D204 و D205 من خلال الترانزستور Q315 وأحد الترانزستورين Q318 أو Q319. ويكشف تعديل الإشارة المرشحة ذات التردد 10.7 ميغاهرتز بالدارة المتكاملة IC202، وهي عبارة عن دارة تعمل ككاشف تعديل ترددي تربيعي. ويقوم الملف L208 بتحديد فيما إذا كانت الاستجابة الترددية على شكل S للكاشف. ويكون الخرج المكشوف للصوت على الملمس 8 حيث يتم تكبيره بالترانزستورات Q209 و Q210 .ويتحدد مستوى الصوت بواسطة المقاومة المتغيرة VR201.



شكل 2.13. يبين المخطط الكهربائي للوحة الرئيسية PCB-050 واللوحة الثانوية PCB-051 للمستقبل cheyenne.



شكل 3.13. المخطط الكهربائي للوحة الرئيسية

تقوم الدارة IC203 باختيار خرج الصوت من دارة التعمية أو من الخرج الصوتي المولّف. وتتحكم الدارة IC204 بمستوى الصوت وهذه الدارة ذاتها يتم التحكم بها بواسطة الدارة البينية IC409 من خلال ثلاثة أجزاء من الدارة المتكاملة IC422. يعمل الترانزستور Q212 كمضخم عزل (buffer amplifier)، بينما يعمل الترانزستور Q213 على كتم الصوت عن طريق قصر إشارة الصوت كلما وجد جهداً على قاعدته. وهذا يسمح بسماع الصوت أو غيابه على الأقنية غير المعماة أو مكشوفة التعمية.

التغذية power supply

هناك محولين داخل المستقبل cheyenne، الأول من أجل عمل المخدم والآخر لتغذية دارات المستقبل. والتغذية هي من نوع جسر تقويم لموجة كاملة تقليدي مع منظم. تتم الحماية بمنصهرة 2 أمبير للمخدم و 0.63 أمبير من أجل المستقبل وكذلك 0.63 أمبير لحماية جهد كتلة LNB. هناك بعض الحماية أيضاً من الارتفاع المفاجئ للجهد على شكل نبضات ويتم تأمين هذه الحماية بواسطة ملفات خانقة على دخل التيار المتناوب (MV1)، وعلى خطوط المخدم (MV303،MV302،MV301) وعلى خرج المستقطب (MV304،MV305) وعلى خطوط الاتصال (MV402،MV401) وبواسطة ثنائيات بمقاومة متغيرة varistor على خطوط حساس المخدم وخطوط اختيار الوظائف الأخرى (H/V،4،12،T2،T1).

يؤمن المحول PT-1 وجسر التقويم D301 تغذية المخدم بجهد ±36 فولت عبر LY303، ويقوم المحول PT-2 ذو الخرجين بتزويد الدارات بجهد 20+ فولت عبر D302 و 8+ فولت عبر D303.

يتم التنظيم بواسطة الدارات المتكاملة IC301 (15+ فولت)، IC302 (12+ فولت)، IC303 (18+فولت)، IC306 (6+فولت)، IC307 (12+فولت) والترانزستور Q302 الذي يعمل كمنظم جهد (15+فولت).

التحكم بالاستقطاب

تتولد نبضات التحكم بالاستقطاب مباشرةً ضمن المعالج الصغري ودارات السطح البيني وترتبط بالمستقطب من خلال الترانزستور Q310 وتقطع تغذية 6+ فولت بواسطة الدارة المتكاملة IC409 (ملمس 24) عبر الترانزستور Q309.

يُنجز التحكم المغناطيسي بالاستقطاب بواسطة المبدّل التشابهي الرقمي D A على الدارة المتكاملة IC409 (الملامس 10–17) و المكبر العسياتي IC308 وتقوم المقاومة المتغيرة VR301 بضبط جهد الخرج للمحولين T1 وT2 .

تتحكم الدارة IC410 من خلال الملامس 12 و 13 بمخارج المفاتيح 4،12 و H/V من خلال ترانزستورات القيادة Q314،Q313،Q311 و Q316 ويكون الخرج إما 15+ أو صفر مستمر DC.

التحكم عن بعد

تعمل الدارة المتكاملة IC420 ككاشف ومكبر للأشعة تحت الحمراء على الواجهة الرئيسية. تربط نبضات الخرج مع دارة فك الترميز IC412 عبر دارة انتخاب منطقية IC414.

يتضاعف خرج المعدّل RF حين دخول الإشارة القادمة من كاشف الأشعة تحت الحمراء وهذا الأخير يضع النبضات على حامل 38 كيلوهرتز ويتم التكبير في الترانزستور Q320 لقيادة الدارة المتكاملة IC309. هذه الدارة تكشف النبضات التي يكبرها الترانزستور Q323 قبل أن تجتمع مع الدخل القادم من حساس نبضات الأشعة تحت الحمراء في الدارة IC414.

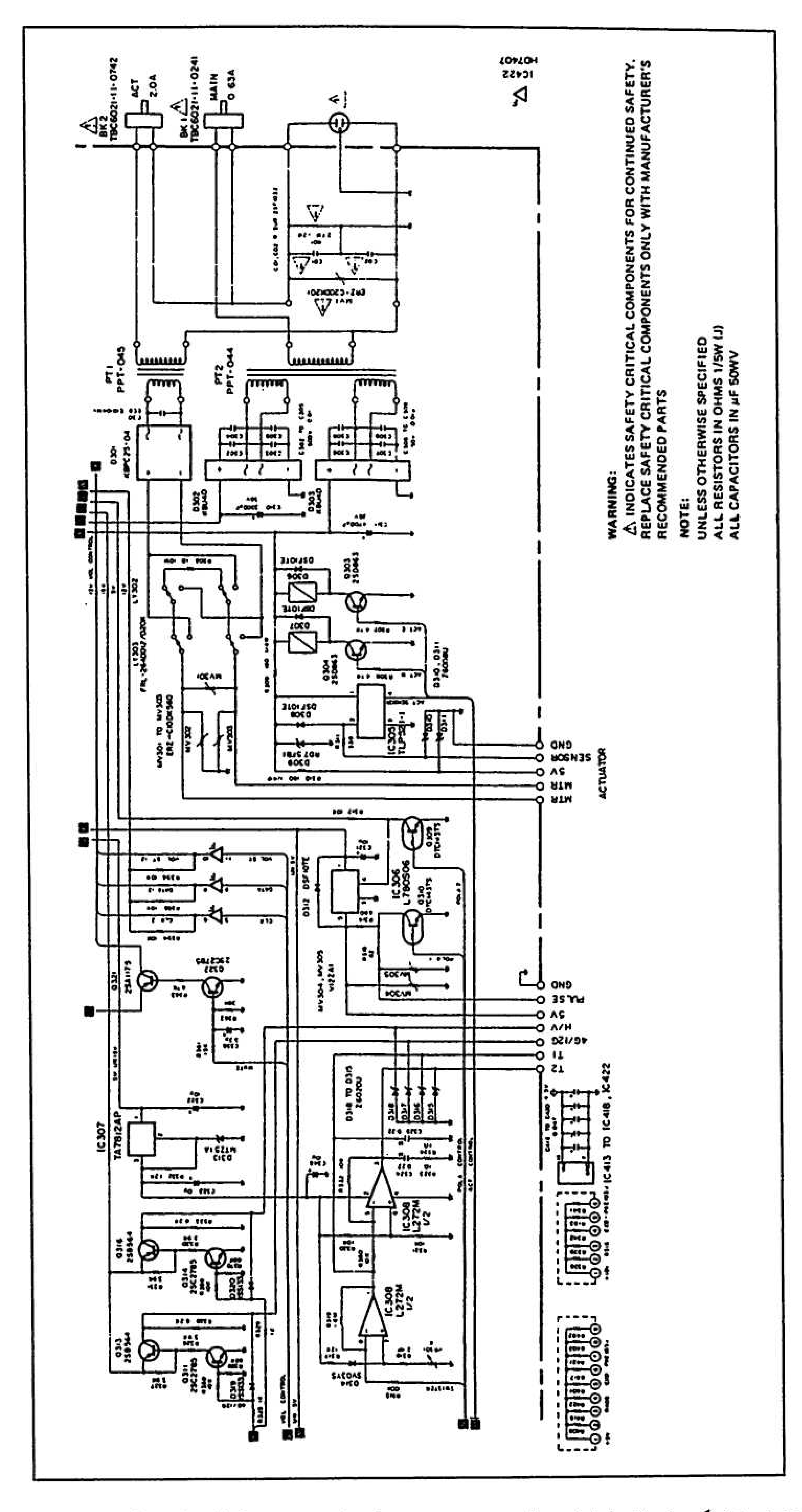
المستقبل الأمريكي

General Instrument 2400R

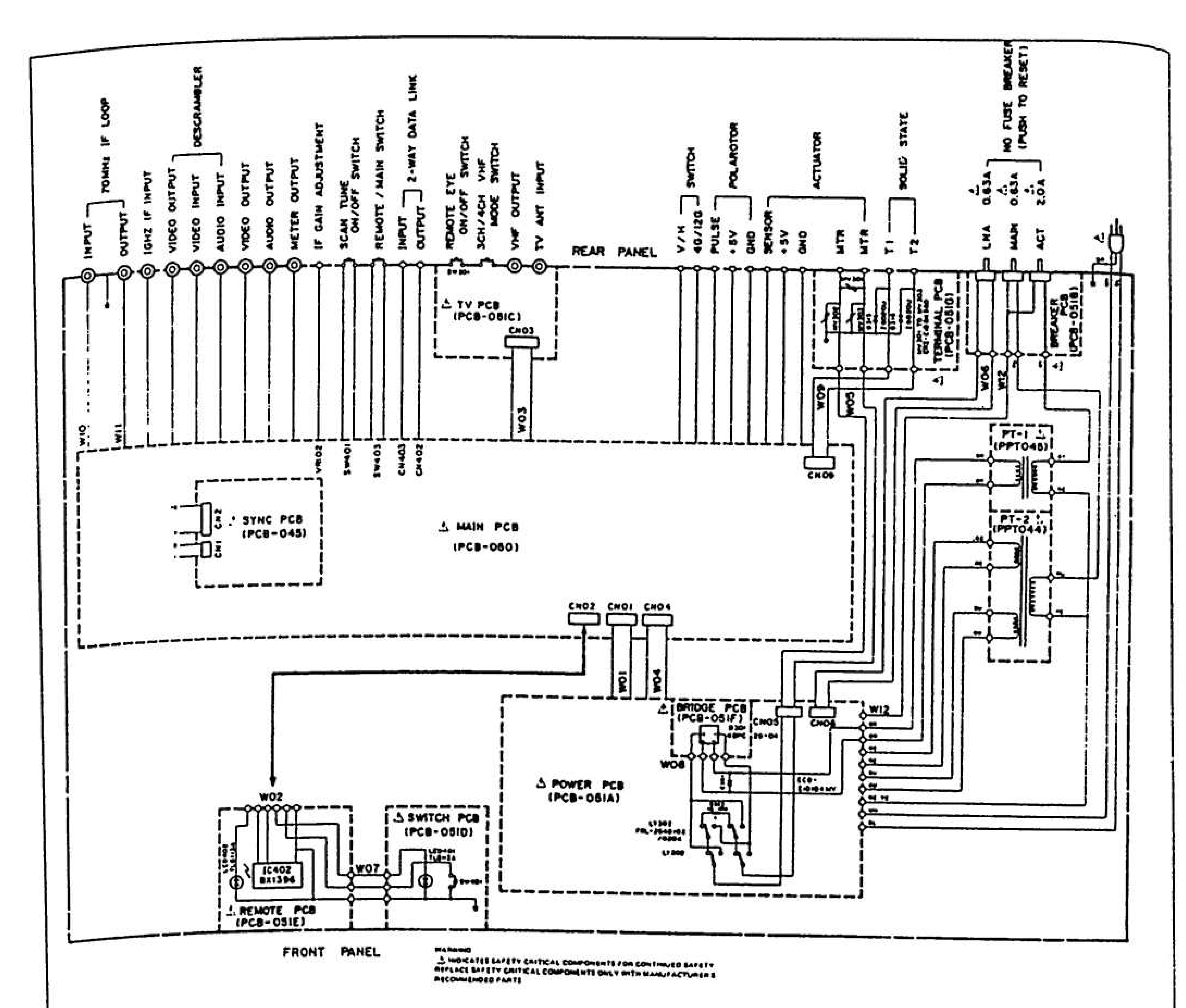
يعمل مستقبل الاقمار الفضائية الأمريكي نموذج General Instrument 2400R بتردد متوسط 70 ميغاهرتز، هذا التردد المتوسط صالح للترشيح بواسطة حلقة IF موجودة على الواجهة الخلفية وهناك ملاءمة اختيارية (option) لتغذية المخدم.

توجد معظم دارات المستقبل على اللوحة الرئيسية التي تحتوي على متحكم صغري microcontroller إضافة لمعالجة الصوت والفيديو (انظر الشكل 13-8). وعلى يسار اللوحة الرئيسية (كما تبدو بالنظر للمستقبل من الأمام). يوجد معالج التردد المتوسط الذي يضم مكبر التحكم الآلي AGC، مرشح IF وكاشف تعديل إشارة الفيديو. وإلى يمين اللوحة الرئيسية توجد كتلة الناخب مع وحدة تركيب الإشارة synthesizer المرافقة.

توضع وحدة التغذية إلى يمين العلبة من الأمام، في حين توجد لوحة التحكم بالمستقطب إلى يسار العلبة من الأمام أيضاً.



الشكل 13-4 المخطط الكهربائي للدارة المطبوعة الرئيسية PCB-050 في المستقبل Cheyenne. كذلك الدارة المطبوعة الفرعية PCB-051.



MAIN PCB ~ POWER PCB

MAIN PCB		POWER PCB	
CN01		W01	
1	POWER	1	POWER
2	SIGNAL	2	SIGNAL
3	OUT 2	3	OUT 2
4	ACT E	4	ACT E
5	ACT W	5	ACT W

CN04		W04	
1	GND	1	GND
2	+12V	2	+12V
3	+15V	3	+15V
4	UN+5V	4	UN+5V
5	+5V	5	+5V
6	+30V	6	+30V
7	SW +12V	7	SW +12V
8	SW +15V	8	SW +15V
9	LNA	9	LNA
10	GND	10	GND

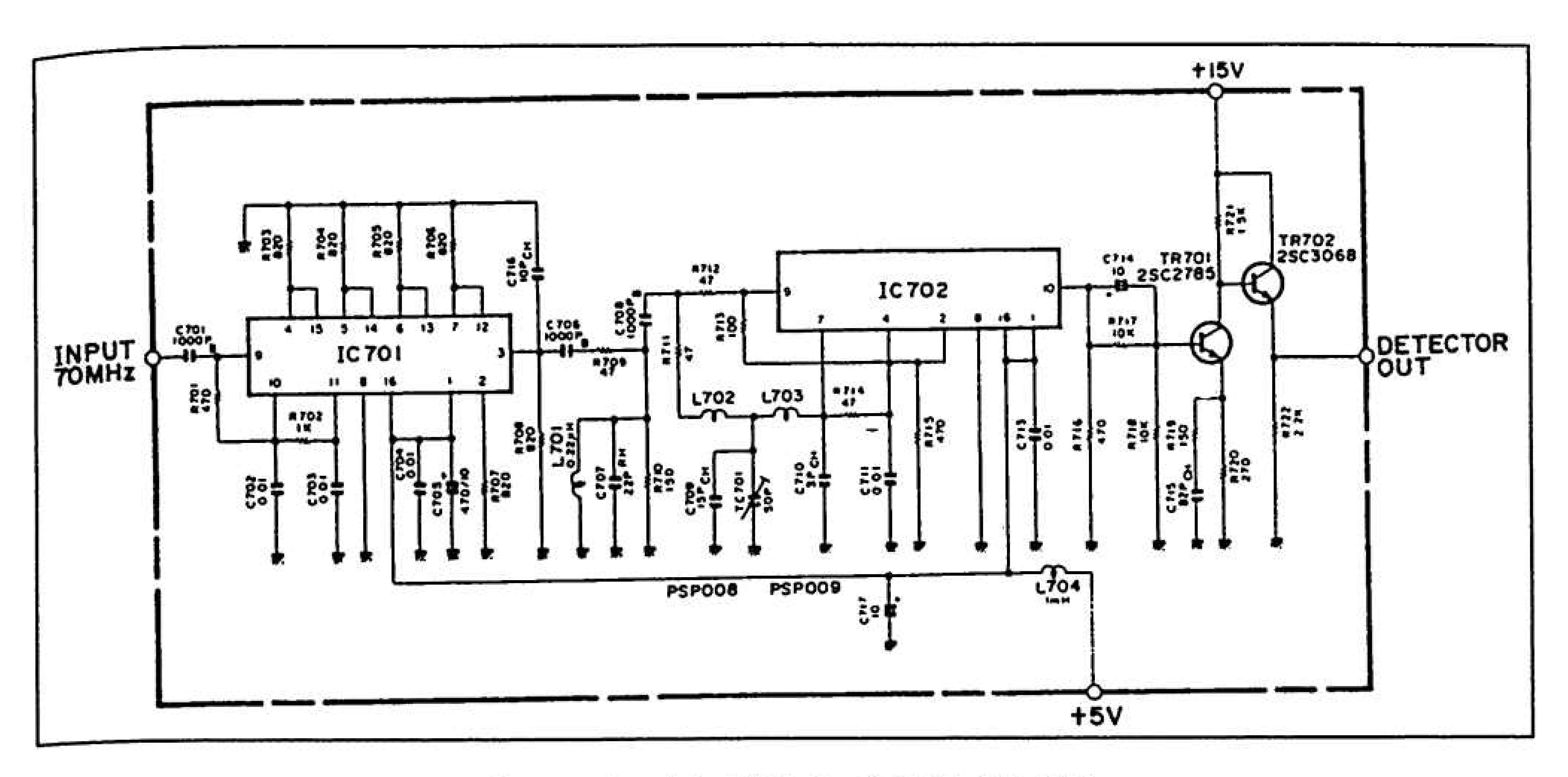
MAIN PCB ~ REMOTE PCB

MAIN PCB		REMOTE PCB	
CN02		W02	
1	GND	1	GND
2	POWER ON	2	POWER ON
3	STAND BY	3	STAND BY
4	+5V	4	+5V
5	DATA	5	DATA
6	RESPONCE	6	RESPONCE

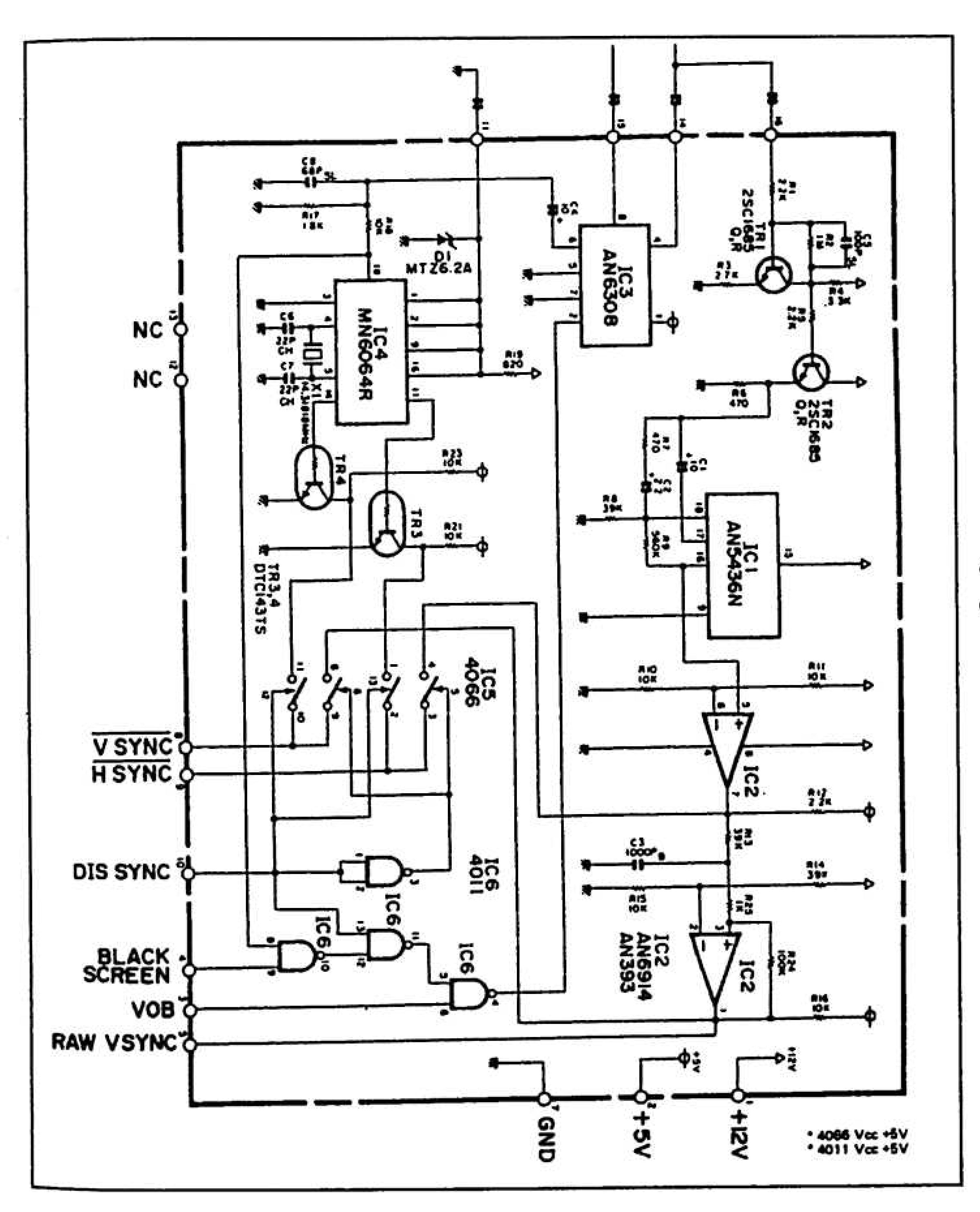
TV PCB ~ MAIN PCB

TV PCB		MAIN PCB	
CN03		W03	
1	+5V	1	+5V
2	VIDEO OUT	2	VIDEO OUT
3	+15V	3	+15V
4	GND	4	GND
5	AUDIO OUT	5	AUDIO OUT
6	SW +12V	6	SW +12V
7	REMOTE EYE	7	REMOTE EYE

الشكل 13-5 مخطط توصيل الأسلاك في المستقبل Cheyenne



الشكل 13-6. المخطط الكهربائي للكاشف في المستقبل Cheyenne.



الشكل 13-7 المخطط الكهربائي للدراة المطبوعة لجزء التزامن في المستقبل Cheyenne

دارة التحكم الآلي بالربح وكشف تعديل الفيديو

بما أنه يجب استبدال" الناخب الكتبي كوحدة كاملة، فإن البداية تكون بوصف دارة معالجة التردد المتوسط (انظر الشكل 13-9) وهي تتألف من مضخم للتحكم الآلي بالربح مرشح SAW ذو عرض حزمة 25 ميغاهرتز، دارة قيادة لقياس الإشارة وكاشف تعديل.

لدارة التحكم الآلي بالربح (الترانزستورات Q100،Q104 مع CR108،CR110) مجال ديناميكي بحدود 50dB، ويتم الضبط الذاتي للربح المطلق من خلال جهد التغذية العكسية الوارد من خرج الدارة U101 إلى قاعدة الترانزستور Q104 ومنبع الترانزستور MOSFET Q100. ولا توجد إمكانية لمعايرة ربح التردد المتوسط.

يقوم الترانزستوران Q101 و Q102 بتكبير إشارة التحكم بالربح لقيادة المرشح FL101 SAW. يتميز هذا المرشح بعامل جودة عالي جداً لإلغاء التداخل بين الأقنية ويكون عرض حزمة التردد المتوسط 25 ميغاهرتز عند نقاط الـ 3dB-.

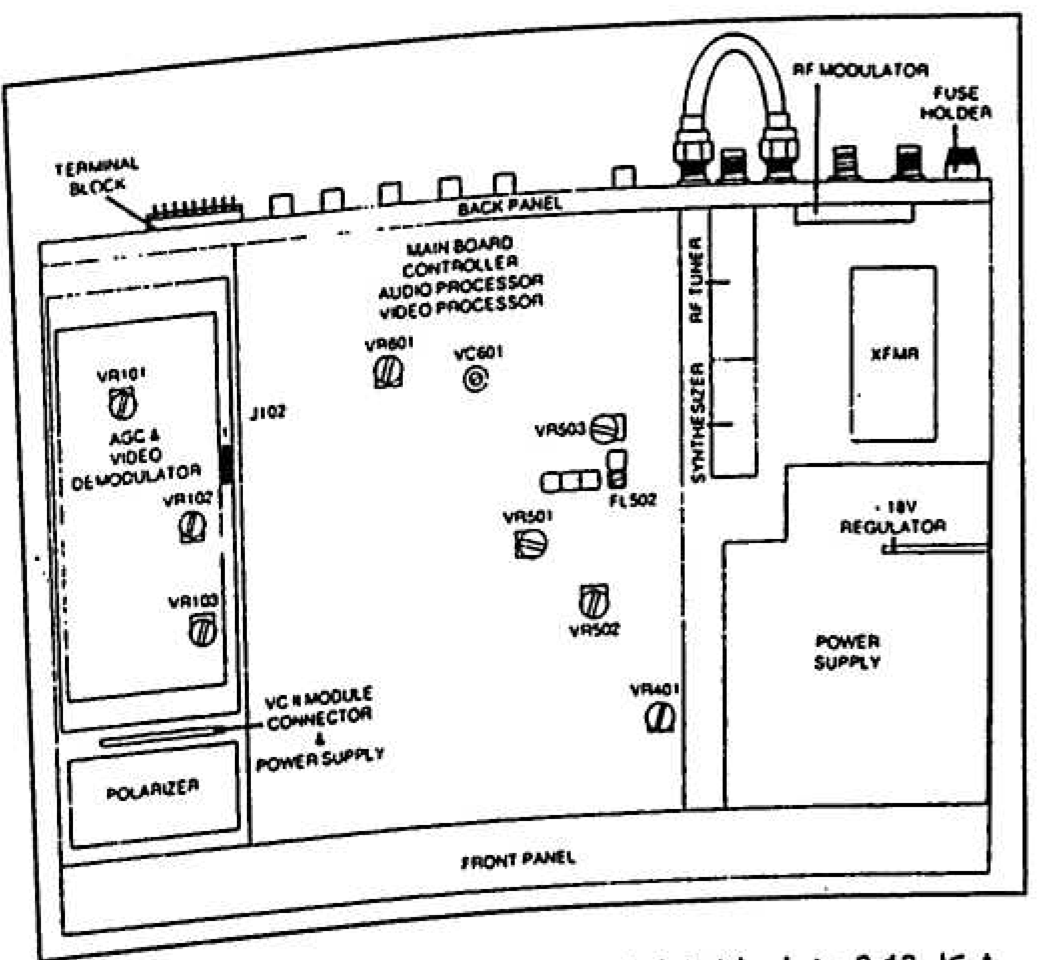
تستخدم الترانزستورات Q103،Q106 لتكبير الإشارة التي سبق ترشيحها في مرشح SAW وذلك لقيادة ثنائيات دارة PLL (U103). يتم تكبير الإشارة مرة أخرى لقيادة ثنائيات كشف جهد التحكم الآلي بالربح AGC (CR105،CR106) .

يقوم المكبر U101 بتكبيرالجهد المكشوف وذلك لقيادة دارة التحكم الآلي بالربح ومقياس شدة الإشارة. ويستخدم النصف الآخر من U101 كمكبر ربح متحكم به لمقياس شدة الإشارة. وتضبط المقاومة المتغيرة VR103 للحصول على أعلى قراءة من أجل أقوى إشارة يتم استقبالها.

الدارة U103 (NE568) هي نموذج محسن لدارة PLL القديمة NE564. فهي أسرع وتعمل بتردد 150 ميغاهرتز وذات 20 ملمساً عوضاً عن 16 في الدارة NE564 وهي تعمل بتغذية خاصة بها، إذ تقوم الدارة U102 بتزويدها بالجهد 5+ فولت.

تعمل المقاومة المتغيرة VR101 على مركزة مجال التقفل عند التردد 70 ميغاهرتز ويمكن استخدام محلل الطيف للتأكد من وضعية التنحين وذلك بإظهار الإشارة على الملمس 4 للدارة المتكاملة U103.

يكون خرج إشارة الفيديو الأصلية base band المكشوفة على الملمس 14 للدارة U103 ويتم تكبيرها بالترانزستور Q203. يؤمن الترانزستور Q204 ممانعة خرج منخفضة لإشارة الفيديو الأصلية. كذلك يعمل الترانزستور Q203 على قيادة دارة قص الذروة لإشارة الفيديو (العناصر بين Q203 و Q202) وقيادة مكبر الفيديو أيضاً (Q202) ويتم اختيار الربح باستخدام المقاومة المتغيرة VR102.



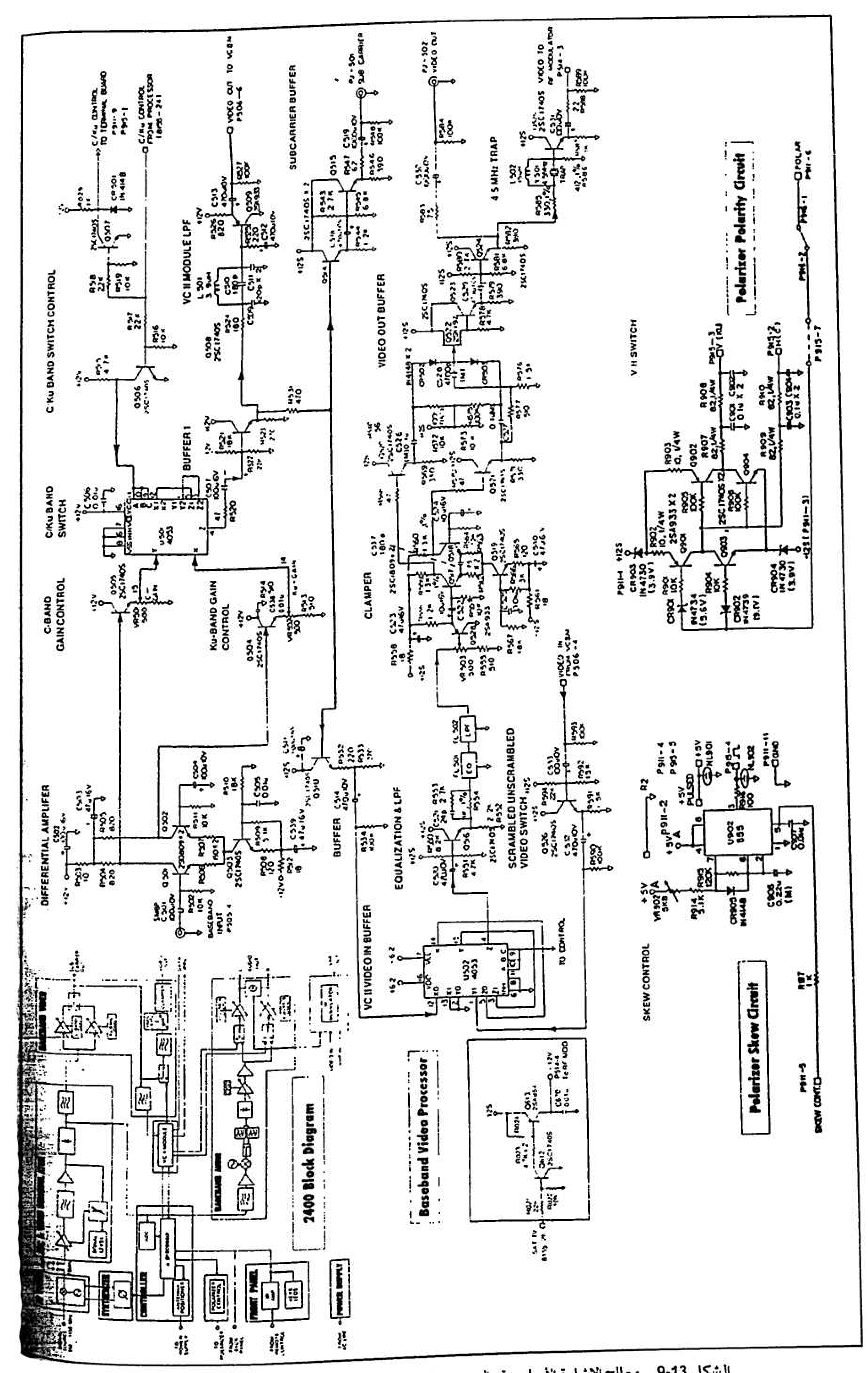
شكل 13-8 مخطط شامل لمستقبل الأقمار الفضائية نموذج General Instrument 2400R.

معالجة إشارة الفيديو

تغطي دارة الفيديو نحو ثلث مساحة اللوحة الرئيسية (انظر الأشكال 13-10 و 13-11) وهي مرتبطة بلوحة IF-AGC من خلال الوصلة P505 والتي تحتوي على ستة ملامس تزود بجهد 12 فولت وتقبل إشارة الفيديو الأصلية وإشارات قيادة الفيديو ومقياس شدة الإشارة . ومن جانب آخر، يقوم الموصل P514 بتأمين إشارة الفيديو والصوت للمعدل RF بينما يوفر P506 وصول الإشارات من وإلى الوحدة Video Cipher (أو +II).

يرتبط الدخل الفيديوي عبر المكثف C501 بالمكبر التفاضلي (Q501،Q502،Q503) الذي يعكس إشارات الحزمة C ليلائم الطور لإشارات الحزمة Ku. ويتم وصل المخرجين للمكبر التفاضلي مع قيادة التحكم بالربح للحزمتين C و Ku والمؤلفة من Q504 و Q505، ويمكن التحكم بمستوى إشارة الفيديو في الحزمة C عن طريق المقاومة المتغيرة VR502.

تعمل مخارج المضخم على قيادة ناخب multiplexer تشابهي يعمل كمفتاح للحزمة Ku/C. ويقوم الترانزستور Q506 بعمل مفتاح فعّال إذا تم التحكم بفتحه وإغلاقه من قبل المعالج الصغري الذي يفتح ويغلق أيضاً الترانزستور Q507 الذي يقود المفتاح Ku/C على الواجهة الخلفية.



الشكل 13-9 . معالج الإشارة الأساسية والصوت في المستقبل General Instrument 2400R

يظهر الخرج المنتخب على الملمس 4، عبر المقاومة R520 والمكثف C507) وتمر الإشارة- قبل أن يقوم الترانزستور Q508 بتكبير التيار وإرساله- عبر مرشح تمرير منخفض (L501،R525،R524 والمكثفات من C509 إلى C512) مهمة الترانزستور Q509) هي قيادة وحدة فك التعمية.

يعمل أيضاً مكبر عزل الممانعة لإشارة الفيديو (Q508) على قيادة دارة خرج الحامل الثانوي (Q515،Q514) وهناك مكبر تيار آخر (Q510) يقود مفتاح انتقاء الوضعية لإشارة الفيديو بين الحالتين (تعمية/دون تعمية) وذلك من خلال الدارة المتكاملة U502.

يتم التحكم بمفتاح الانتخاب (دارة متكاملة أخرى 4055 demultiplexer) بواسطة وحدة منطقية VCII، وهي تمرر إشارات الفيديو حتى تقفل على إشارة VCII وعند ذلك، تعمل دارات الفيديو على الإشارة الواردة من الوحدة VCII عبر الترانزستور Q526.

تخرج إشارة الفيديو المنتخبة من الملمس 4 للدارة U502 ويتم رفع التيار ثانية قبل تمرير الإشارة من خلال مرشح ضجيج ومرشح تمرير منخفض ذو تردد 4.2 ميغاهرتز (FL502،FL501) وتعمل المقاومة المتغيرة VR503 على تأمين مستوى صحيح لإشارة الفيديو في الحالتين تعمية ودون تعمية.

تشكل الترانزستورات Q528، Q521، Q517 بالإضافة للثنائيين CR502 و CR503 العناصر الفعّالة لدارة التحديد. ويقود خرج دارة التحديد الترانزستور الحقلي Q522 FET الذي يقوم بملاءمة ممانعته وتكبير تياره الترانزستوران Q523 و Q524 وذلك لقيادة خرج إشارة الفيديو والمعدّل RF، ولكن قبل المعدّل تمرر الإشارة عبر مرشح notch filter لحذف تردد 4.5 ميغاهرتز (Y501،L502) ويتم رفع التيار بواسطة Q525.

معالجة الصوت

تربط إشارة الحزمة الأساسية الأصلية الواردة من لوحة التحكم الآلي بالربح AGC إلى دارة الصوت من خلال مرشح FL601 وهو مرشح حزمة جرى ضبطه لتمرير الترددات من 5.0 وحتى 9.0 ميغاهرتز. هذه الحزمة يتم تكبيرها بواسطة الترانزستور Q601 ومن ثم يقوم الترانزستور Q602 بمزجها مع إشارة هزاز محلي يولدها الترانزستور Q605 لتشكيل إشارة تردد متوسط 10.7 ميغاهرتز.

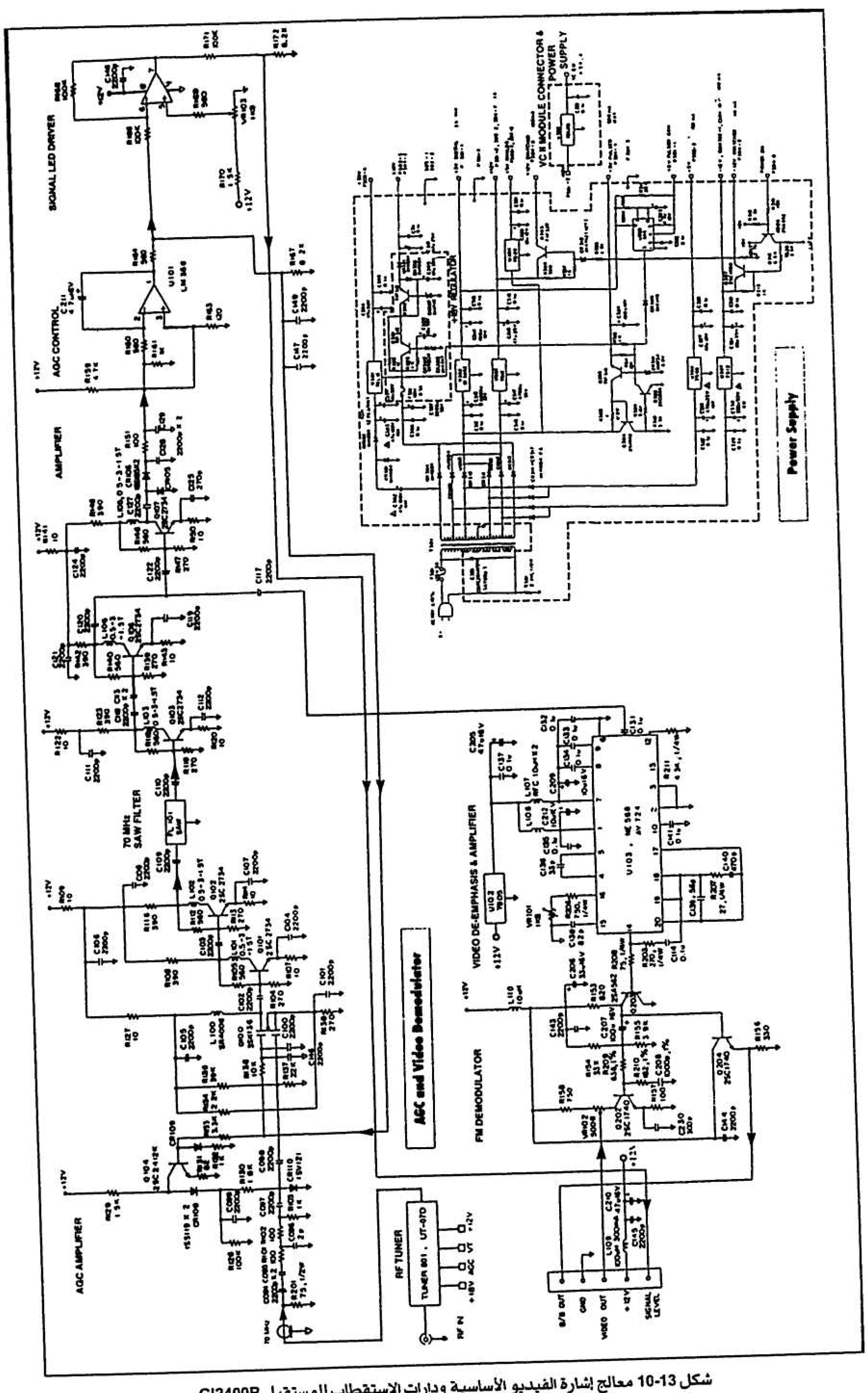
يمر التردد المتوسط عبر المرشحات FL602 أو FL603 وذلك حسب مفتاح تمرير الحزمة (عريضة طبيعية) وتحييز الثنائيات CR604-CR601 . ويتم التحييز بواسطة الترانزستورات Q603 و Q604 التي تولد إشارات منطقية معكوسة. وينتخب المرشح عريض الحزمة عند تمرير إشارة "1+" منطقي إلى قاعدة الترانزستور Q603.

تعمل مكثفة الربط C610 على وصل إشارة التردد المتوسط 10.7 ميغاهرتز إلى دارة فك تعديل الصوت (U601) حيث يخرج الصوت المكشوف على الملمس 6 ويضخم ويرفع تياره عبر مرحلتين من مكبر عملياتي رباعي U602. ويحدد مستوى إشارة الصوت عن طريق المقاومة المتغيرة VR601.

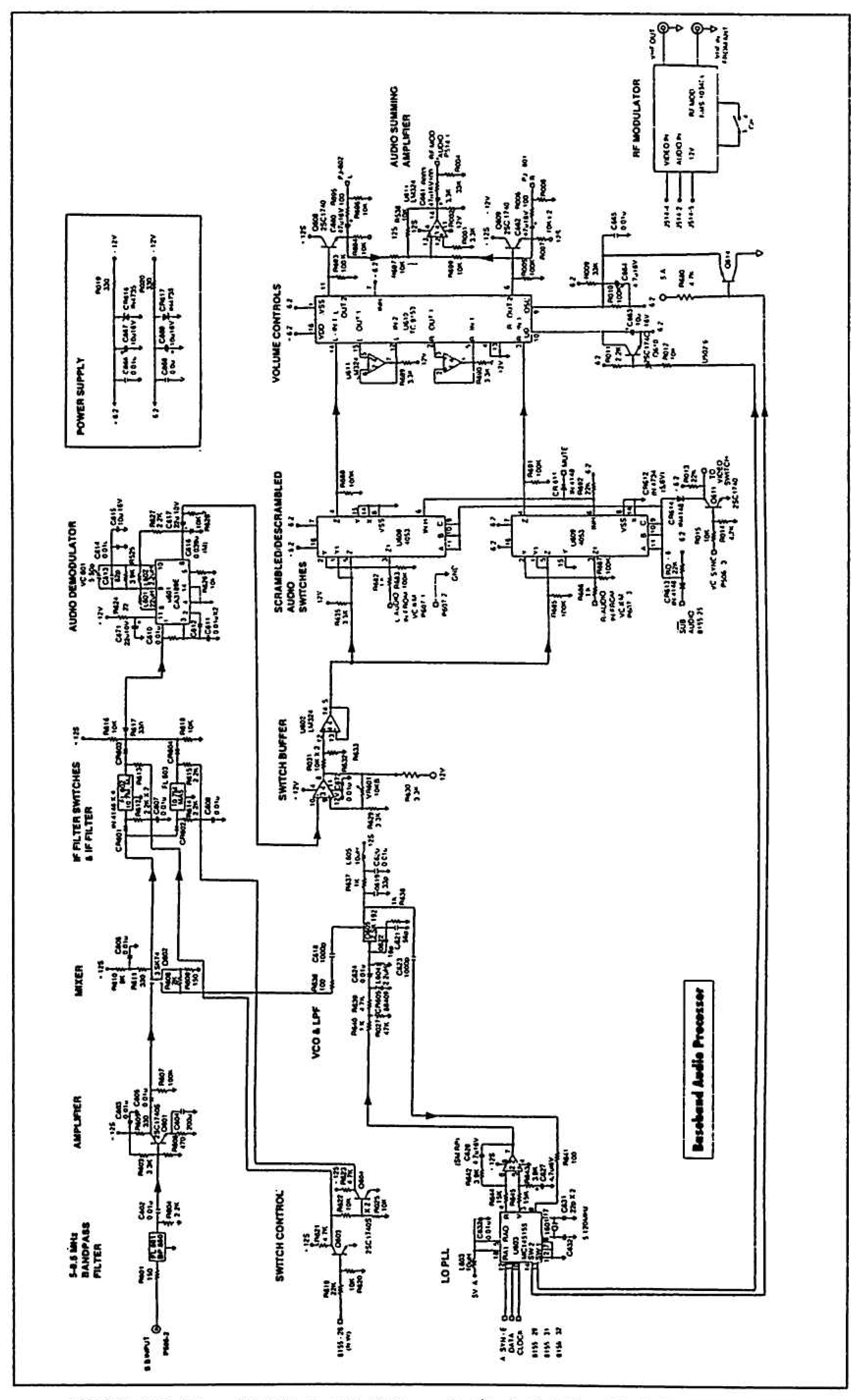
يقود خرج الصوت مفتاحي الانتقاء(U609،U608) 4053 التي تنتخب آلياً بين الصوت لقنال عامة والصوت VCII (الذي يكون مكمماً إذا كانت القنال غير مسموح بتمريرها). وهما بدورهما يقودان دارة التحكم بمستوى صوت الستيريو U610.

يتم رفع تيار إشارة الصوت بواسطة الترانزستورين Q609،Q608 قبل قيادة وصلات خرج الصوت ومكبر جمع الصوت U611 الذي يقود بدوره المعدّل RF.

مستوى الصوت متحكم به عن طريق المعالج الصغري U603، الذي يولد أيضاً جهد ضبط الهزاز المحلي. وهو مربوط إلى الممر العام bus للمعالج الصغري وذلك لاستقبال المعطيات الضرورية حول إشارات التزامن والساعة لاختيار توليف ومستوى الصوت. يتم التوليف بجمع خرج الهزاز المحلي (من خلال المكثف C623) ومن ثم ضبط جهد التلحين (الخرج من الملمس 7 للدارة U606) حتى تحدث الملاءمة بين الهزاز المحلي وطور إشارة مرجعية متولدة داخلياً في الدارة U603.



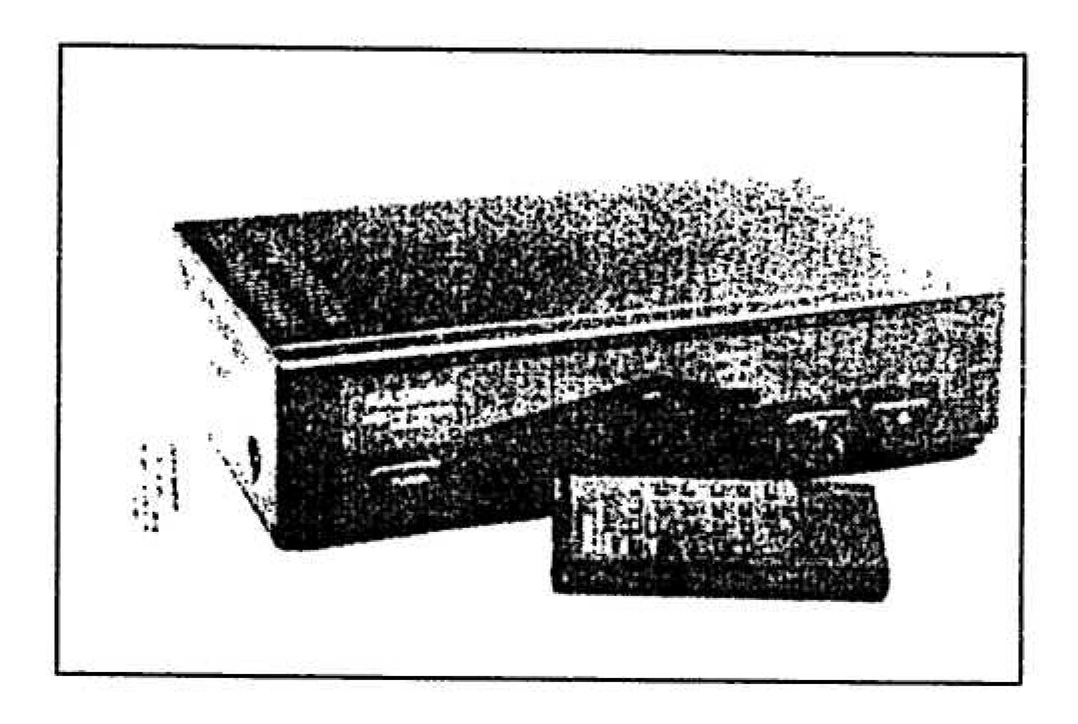
شكل 13-10 معالج إشارة الفيديو الأساسية ودارات الاستقطاب للمستقبل GI2400R



شكل 13-11 دارات التغذية الكهربائية. التحكم الآلي بالربح وكاشف التعديل لإشارة الفيديو في المستقبل GI2400R

المستقبل الأوربي The MASPRO SRE-90R

هو مستقبل مع ضبط ترددي. تم تصميمه لتأمين خدمات أنظمة الاستقبال المباشر الفضائي لسوق الأوربية (انظر الشكل 13-12) وهو رخيص الكلفة، حسن التصميم، يزود المستقبل الأساسي فيه بوصلة TRACS لكشف ترميز الإشارة الفضائية. ودارته تمثل معظم المستقبلات الكتلية المتوفرة حاليا في الأسواق.



شكل 13-12 مستقبل اقمار فضائية نموذج MASPRO SRE-90R .

يعمل هذا المستقبل مع كتلة LNB ذات تردد خرج 950–1750 ميغاهرتز. يتم تخزين الأقنية بصورة دائمة في ذاكرة المعالج الصغري وذلك من أجل الأقنية الفيديوية للأقمار الفضائية LBSB,TDF1,ECS-1 ASTRA,Tvsat والقمرين Intelsat المتوضعين في المواقع 27.5 درجة غرباً و 60 درجة شرقاً (انظر الجدول 13-1). يظهر في الشكلين 13-13 و 13-14 المخطط الصندوقي والمخطط الكهربائي للمستقبل SRE-90R.

الناخب الكتلي The Block Tuner

إن دخل الترددات الراديوية RF إلى الناخب الكتلي يُغطي كامل مجال الترددات الأوربية من 950–1750 ميغاهرتز. هذا المجال الترددي يتم تحويله إلى ترددات أخفض وكشفه ضمن الناخب الكتلي كاشف التعديل (المسمى "بالمحول الثانوي 2nd CONV") والذي يظهر في خرجه إشارة الفيديو وذلك على الملمس DET.

هناك جهد لتحكم الآلي بالتردد AFC يصل بالتغذية العكسية إلى المعالج الصغري (IC101) من الناخب الكتلي للتأكيد على أن الانحراف الترددي في كتلة LNB أو كتلة الناخب لم يؤثر على الضبط الترددي لنقنال المطلوبة. إن اختيار القنال يتم من خلال المفاتيح على الواجهة الرئيسية التي تعمل بالعد التصاعدي/التنازلي وهذا الاختيار يتحقق من تركيب إشارات الدارة PLL التي تتحكم بها وحدة الحساب (CPU) من خلال المداخل التالية لناخب كتلي: مدخل المعطيات (DATA)، والتأهيل enable (CE)، والساعة clock (CLK). ويحتوي الناخب الكتلي على دارة PLL و Pre-Scaler ومركب ترددي Synthesizer وكذلك على دارات مازج ومحدد وكاشف تعديل. وهذه جميعها ضمن وحدة متكاملة، لذلك فالأفضل استبدال هذه الوحدة لدى المستثمر عوضاً عن إصلاحها عند حدوث عطل.

أثناء إصلاح الناخب الكتلي، يجب دائماً اختبار جهود التغذية والتأكد من أن جهد التحيين يتغير مع تغير القنال. وفي هذه الحالة تتولد الجهود المستمرة 5+، 12+ و15+ فولت. ويتولد جهد التحيين داخل الناخب الكتلي لذلك يمكن التحقق فقط من وجود 30+ فولت على الملمس BT.

معالجة الفيديو

تنقسم إشارة الفيديو الأصلية بين دارات الصوت ودارات الفيديو عن طريق مكثفات الربط C201,C213. و تتم تغذية مكبر العزل Q312 بالإشارة المتناوبة عبر C319 وهذا بدوره يقود خرج الفيديو والإشارة الأصلية. في المخطط الكهربائي، تمثل دارات الفيديو السفلية دارات معالجة إشارة الفيديو بينما تكون الدارات العلوية بمثابة دارات معالجة وتضخيم للإشارة الأصلية.

يعمل الترانزستور Q315 كمكبر عزل لإشارة الفيديو الأساسية وهو يقود مفتاح قص الذروة de-emphasis الذي يعمل بحالتين فقط فتح إغلاق on off والمسمى SW301. تقوم الترانزستورات الأربعة Q304,Q303,Q302 و Q316 بتكبير إشارات الفيديو الأصلية (التي تتغير من 50 هرتز وحتى 10.5 ميغاهرتز). بينما يؤمن الترانزستور Q305 ممانعة خرج منخفضة (75 أوم) لقيادة وصلة الخرج المركبة composite ووصلة SCART.

تعمل المقاومات R328,R369 والمكثفات C310,C329 على تخميد الذروة لإشارة الفيديو. بينما يقوم الترانزستور Q306 بدفع إشارة الفيديو إلى مرشح التمرير المنخفض وهذا المرشح يعمل على حذف الحامل الثانوي للصوت من إشارة الفيديو ويسمح فقط بمرور الترددات من 50 وحتى 5.5 ميغاهرتز. مهمة الترانزستور Q313 هي تحقيق ممانعة خرج منخفضة لقيادة دارة المسك off on والمشكلة من Q310,D302,SW302 و Q314.

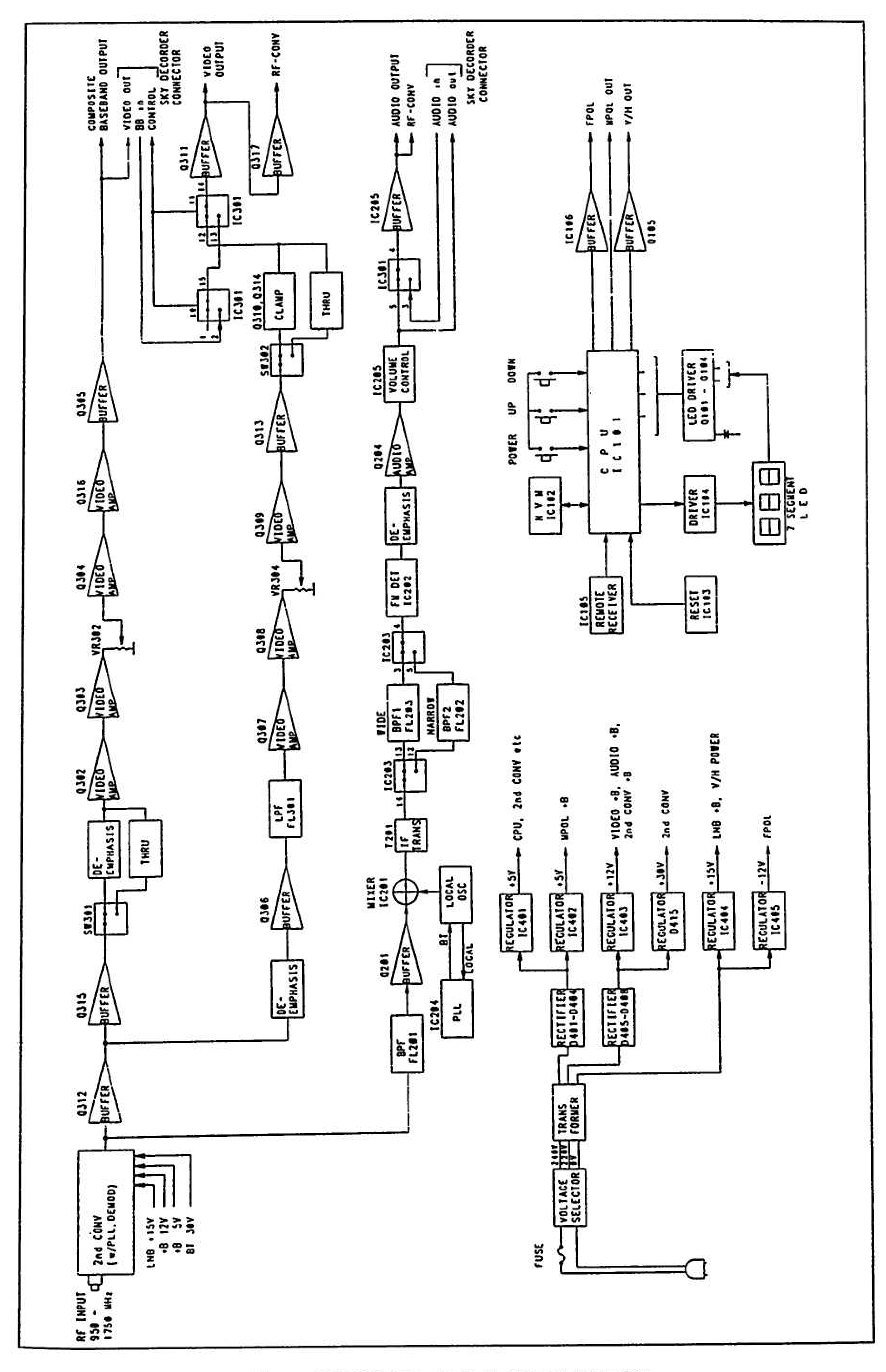
يمر خرج الفيديو عبر مفتاح 4053 (IC301) والذي يختار ما بين ارسال خرج الفيديو إلى مكبر التيار Q311 أو ارسال خرج كاشف ترميز الفيديو إلى مكبر التيار Q317 لقيادة المعدّل الداخلي RF، ويتحكم بالمفتاح عن طريق كاشف الترميز الخارجي ذاته.

Channel Number	VIDEO FREQ. (MHz)	V/H	AUDIO FREQ. (MHz)	W/N	Satellite
1	1317	V	6.50	W	ASTRA
2	1376	V	6.50	W	ASTRA
3	1435	V	6.50	W	ASTRA
4	1258	V	6.50	W	ASTRA
5	1332	H	6.50	W	ASTRA
6	1391	H	6.50	W	ASTRA
7	1421	H	6.50	W	ASTRA
8	1214	H	6.50	W	ASTRA
9	1273	H	6.50	W	ASTRA
10	1362	H	6.50	W	ASTRA
11	1303	H	6.50	W	ASTRA
12	1244	H	6.50	W	ASTRA
13	1229	V	6.50	W	ASTRA
14	1288	V	6.50	W	ASTRA
15	1347	V	6.50	W	ASTRA
16	1406	V	6.50	W	ASTRA
17	987	V	6.50	W	ECS1
18	1091	V	6.65	W	ECS1
19	1140	V	6.60	W	ECS1
20	1507	V	6.65	W	ECS1
21	1674	V	6.65	W	ECS1
22	1008	H	6.60	W	ECS1
23	1175	H	6.65	W	ECS1
24	1472	H	6.65	W	ECS1
25	1486	H	6.65	W	ECS1

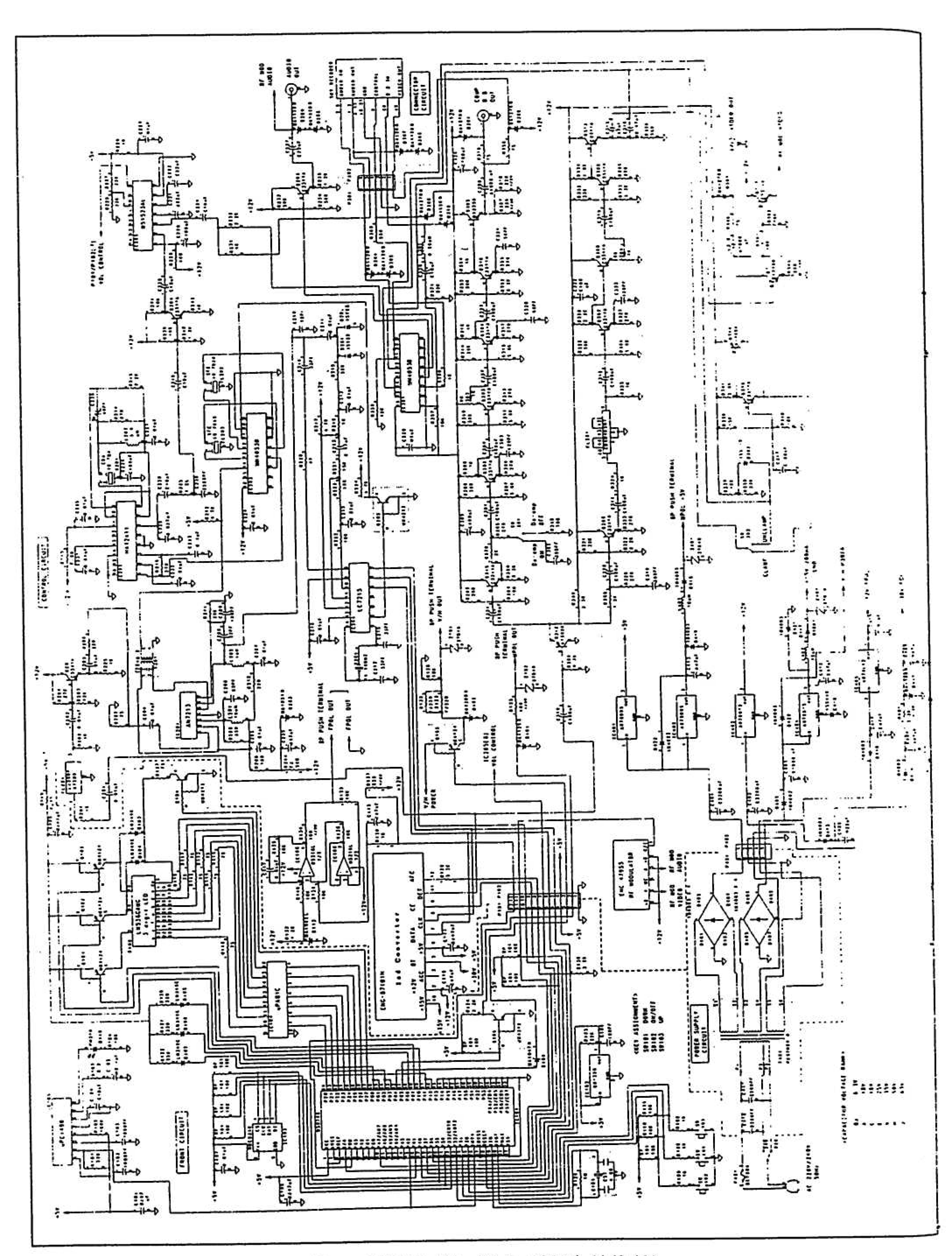
Channel Number	VIDEO FREQ. (MHz)	V/H	AUDIO FREQ. (MHz)	W/N	Satellite
26	1650	H	6.65	W	ECS1
27	975	H	6.65	W	INTEL27.5° W
28	1015	H	6.60	W	INTEL27.5° W
29	1135	H	6.60	W	INTEL27.5° W
30	1155	V	6.65	W	INTEL27.5° W
31	974	H	6.65	W	INTEL60° E
32	1010	H	6.65	W	INTEL60° E
33	1138	H	6.65	W	INTEL60° E
34	1174	H	6.65	W	INTEL60° E
35	1550	H	6.65	W	INTEL60° E
36	1600	H	6.65	W	INTEL60° E
37	977	V	6.50	W	TDF1
38	1054	V	6.50	W	TDF1
39	1131	V	6.50	W	TDF1
40	1208	V	6.50	W	TDF1
41	997	H	6.50	W	TVSAT1
42	1073	H	6.50	W	TVSAT1
43	1150	H	6.50	W	TVSAT1
44	1227	H	6.50	W	TVSAT1
45	1035	V	6.50	W	BSB
46	1112	V	6.50	W	BSB
47	1188	V	6.50	W	BSB
48	1265	V	6.50	W	BSB
49	1342	V	6.50	W	BSB
50	1317	V	6.50	W	FREE

NOTE : CH27-CH50 have fixed video frequency and V/H setting.

جدول 13-1 الترددات المخصصة والمجدولة في المصنع لمستقبل MASPOR SRE-90R.



شكل 13-13. المخطط الصندوقي للمستقبل Maspro SRE-90R



شكل 13-14. الدارة الكهربائية للمستقبل Maspro SRE-90R

معالجة الصوت

يعمل مكثف الربط C201 على ايصال إشارة الحزمة الأصلية إلى مرشح تمرير حزمة (FL201) الذي يقوم بتخميد معلومات الفيديو دون تردد 5.5 ميغاهرتز سامحاً لترددات من 5.5 وحتى 8.5 ميغاهرتز بالمرور وهذه يتم تكبيرها بالترانزستور Q201.

تعمل الدارة المتكاملة IC201 كمازج يقودها حامل الصوت الذي يصل إلى الملمس 1 وخرج المهتز المحلي LO الذي يصل إلى الملامس 6 و 7. وتخرج القنال الصوتية بتردد 10.7 ميغاهرتز على الملمس 5 وهذا يقود محول التردد المتوسط T201.

إن ضبط القنال يتم بواسطة المعالج الصغري المتحكم به عن طريق مفتاح رفع خفض لمستوى الصوت على الواجهة الرئيسية أو بتحكم عن بعد. والدارة IC204 عبارة عن دارة Synthesis PLL متحكم بها بالخطوط القادمة من وحدة المعالجة CPU وهي خطوط المعطيات DATA، الساعة CLK والاختيار CS وذلك على الملامس 5 ، 6 و 7 على الترتيب.

تحدد الدارة IC204 عرض حزمة الصوت (ضيقة أم عريضة) والتي يتم تمريرها عبر IC203,Q202 والمرشح FL202 (مرشح حزمة ضيقة) وFL203 (مرشح حزمة عريضة). الحزمة العريضة 280 كيلوهرتز والحزمة الضيقة 150 كيلوهرتز. وتتبع مرشحات تمرير الحزمة خرج محول التردد المتوسط IF مباشرة.

يقود خرج المرشح المنتقى الملمس 1 لدارة كشف تعديل FM (IC202). تقوم هذه الدارة بتحديد وكشف تعديل الإشارات بحيث ينتج إشارة صوت على الملمس 6. وتعمل العناصر R225,C228,C229 و C230 على تخميد الذروة لإشارة الصوت.

يقوم الترانزستور Q204 بتكبير إشارة الصوت لقيادة دارة التحكم بالمستوى Volume (IC205) وهذا يتم بمعالج صغري عبر الملمس 8 للدارة المتكاملة. يكون دخل الصوت على الملمس 2 وخرج الصوت على الملمس 3.

يذهب خرج الدارة IC205 إلى كل من الوصلة SCART ومفتاح فك الترميز (IC301) وهذا الأخير يميز بين الصوت المرمز أو الصوت المباشر الذي يتم وصله بمكبر تيار Q203 ويعبره إلى خرج الصوت ومعدّل التردد الراديويRF

التغذية الكهربائية

يستهلك المستقبل نحو 35 واط ويعمل بجهد 220 أو 240 فولت متناوب. للمحول الرئيسي T401 ثلاثة ملفات ثانوية الأعلى منها S1,S2 يقود دارة تقويم جسري لموجة كاملة ويؤمن 9 فولت مستمر تقريباً لدارة IC401، وكذلك 5+ فولت لمنظم الذي يزود الدارات المنطقية بالتغذية اللازمة وأيضاً الدارة المتكاملة IC402 ومنظم 5+ فولت لمستقطب الميكانيكي.

يؤمن الملف الثانويS3 S4 جهد لمنظم +12 فولت (IC403) ومضاعف الجهد (C404,D414,C406,D413) الذي يوفر الجهد المستمر 30+ فولت لكتلة الناخب.

أما الملف الثانوي S5 S6 فإنه يقود مقوّم نصف موجة D410,D409 لتغذية المنظم IC404 الذي يؤمن 15V- فولت مستمر الضروري لتغذية كتلة LNB ومماسات الاستقطاب العمودية الأفقية (HV) وكذلك لدارة المتكاملة IC405 التي تؤمن بدورها 12- فولت مستمر لدارة التحكم بمستقطب مغناطيسي فريتي.

الدارات المنطقية و دارات الإظهار

إن دارة الحاسب الصغري IC101 هي بمثابة عقل المستقبل وعضلاته ولأن المستقبلSRE-90R يعتبر بسيطاً نسبياً. فإن معظم خطوط التحكم موصولة مباشرة إلى الدارات المسؤولة عن قيادتها، دون الحاجة لدارات بينية interface كما هو الحال في التصاميم الأكثر تعقيداً. إن الدارة المتكاملةIC101 هي وحدة معالجة مركزية من انتاج شركة ميتسوبيشي مصممة للاستخدام في أجهزة الفيديو VCR ودارات أخرى للتحكم الإلكتروني للأنظمة الاستهلاكية وهي تستخدم ذواكر قراءة فقط (ROM) لذلك فإن المصدر الرئيسي هذه العناصر هي شركة Maspro.

يتم تخزين الأقنية ومعلومات الصوت في الدارة IC102 وهي ذاكرة غير تطايرية non-volatile من إنتاج شركة N.Semiconductor وتعمل وحدة المعالجة المركزية بتردد 4 ميغاهرتز. ويقود الكريستال X101 مولد نبضات الساعة. في حين يتم إعادة إقلاع التغذية بواسطة الدارة IC103. ويبين الجدول 2-13 قائمة بوصف وظيفي لملامس الخرج لوحدة المعالجة المركزية CPU.

تقاد دارة الإظهار D108 ذات الخانات الثلاثة بواسطة دارة قيادة واحدة (IC104) وثلاثة ترانزستورات. كل خانة رقمية يتم اختيارها تسلسلياً عبر أحد ترانزستورات القيادة Q103,Q102,Q101 و يتم الإظهار بالفتح والإغلاق السريع لهذه الديودات بمعدل أعلى من معدل ارتعاش الرؤيا لعين البشرية. ويقاد ثنائي الإظهار للفاصلة العشرية بواسطة الترانزستورQ104 ، بينما تقاد ثنائيات الإظهار التي تعبر عن حالة الانتظارstand-by وحالة الاستقطاب الأفقي والمجال العريض بشكل مباشر من وحدة المعالجة المركزية.

بما أنه توجد ثلاثة مفاتيح فقط على الواجهة الرئيسية، إذ يوجد مفتاح التشغيل off/on والتوليف نحو الأعلى والتوليف نحو الأدنى. لذلك فإن معظم الوظائف يجري تنفيذها من خلال التحكم عن بعد. إذ يقوم حساس للأشعة تحت الحمراء IR (D110) بقيادة دارة الاستقبال IC105 عن طريق الملمس 8. وهذه الدارة مهمتها تحسين النبضات الواردة من الحساس وإرسالها عبر الملمس 2 إلى وحدة المعالجة المركزية CPU.

التحكم بالاستقطاب

يستطيع هذا المستقبل قيادة مستقطب ميكانيكي أو مستقطب فريتي أو مغناطيسي أو حاكمة V/H (شاقولية أفقية) أو مفتاح يعمل على عناصر إلكترونية نصف ناقلة (Solid- State Switch).

يشكل الترانزستور Q106 عنصر قيادة نبضات مستقطب ميكانيكي. ويعمل ثنائي زينر D101 على الحماية من الجهد الزائد عن 12 فولت على خط النبضات، بينما يقوم الثنائي Z102 بالحماية من ومضات البرق. ويقاد الترانزستور Q106 مباشرةً عن طريق وحدة المعالجة المركزية.

تشكل الدارة المتكاملة IC106 دارة قيادة لمستقطب مغناطيسي ويتم التحكم بهذه الدارة عن طريق خرج الـ PWM (تعديل عرض النبضة) لوحدة المعالجة المركزية. خرج الدارة يتغير من 12- إلى 12+ فولت مستمر.

يتم اختيار وضع الحاكمة V/H وقيادتها مباشرة عن طريق وحدة المعالجة المركزية عبر الترانزستور Q105. وتتضمن الدارة عناصر الحماية D102 (ثنائي زينر 20 فولت) و Z101 للحماية من البرق.

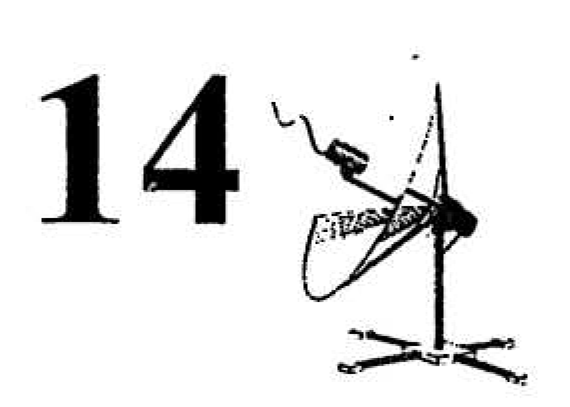
PIN	NAME	I/O	ACTIVE	FUNCTIONAL DESCRIPTION
1	Vcc		5V	Power supply +5V
2	AVss		0	GND
3	Vref		5V	Power supply +5V for A/D refernce voltage
4	D/A	O	0~5V	D/A output (5 bit, 32 steps) for volume control
5	PWM	O	L/H	Ferrite polarizer (FPOL) control
6	P63	O		Not used (GND)
7	P62	O		Not used (GND)
8	P61	O		Not used (GND)
9	P60	O		Not used (GND)
10	P47/AN7	I	0~5V	A/D converter for AFC voltage
11	P46/AN6	I		Not used (GND)
12	P45/AN5	I		Not used (GND)
13	P44/AN4	I		Not used (GND)
14	P43	I		Not used (GND)
15	P42	I	L/H	Remote control data
16	P41	I	L/H	NVM DO (data input)
17	P40	O	H	Video PLL chip select (CS)
18	P37	O	H	Audio PLL chip select (CS)
19	P36	O	L/OPEN	PAL G/I select (L:I mode OPEN:G mode)
20	P35	O	L/H	PLL/NVM data
21	P34	O	L/H	PLL/NVM clock
22	P33/CNTR	O	H	NVM chip select (CS)
23	P32/INT2	I	L	Stand-by key input
24	P31	I	L	▼ key input
25	P30	I	L	▲ key input
26	INT1	I	NEGATIVE EDGE	Remote control interrupt
27	CNVss		0	GND
28	RESET	I	NEGATIVE EDGE	Reset
29	Xin	I		Oscillator input
30	Xout	O		Oscillator output
31	Φ	O		Not used (open)
32	Vss		0	GND
33	P57/ED7	I		Not used (GND)
34	P56/ED6	I		Not used (GND)
35	P55/ED5	I		Not used (GND)
36	P54/ED4	I		Not used (GND)
37	P53	I		Not used (GND)
38	P52	I		Not used (GND)
39	P51	I		Not used (GND)
40	P50	I		Not used (GND)
41	P17	I		Not used (GND)
42	P16	I		Not used (GND)
43	P15	I		Not used (GND)
44	P14	I		Not used (GND)
45	P13	I		Not used (GND)
46	P12	O	L	Stand-by discrete LED (Wired OR)
47	P11	O	L	Stand-by discrete LED (Wired OR)
48	P10	O	L	LED digit (2nd)
49	P07	O	L	LED digit (MSD)
50	P06	O	L	LED digit (LSD)
51	P05	O	L/H	Mechanical Polarizer (MPOL) control
52	P04	O	L/H	V/H switch control (H:Horizontal L:Vertical)
53	P03	O	L	Horz discrete LED (Wired OR)
54	P02	O	L	Horz discrete LED (Wired OR)
55	P01	O	L	Wide discrete LED (Wired OR)
56	P00	O	L	Wide discrete LED (Wired OR)
57	P27	O	H	LED segment dp
58	P26	O	H	LED segment e
59	P25	O	H	LED segment d
60	P24	O	H	LED segment b
61	P23	O	H	LED segment a
62	P22	O	H	LED segment f
63	P21	O	H	LED segment c
64	P20	O	H	LED segment g

جدول 2-13

مقارنة وفروقات المستقبلات الأمريكية/الأوروبية

تظهر الفروقات الأساسية في دارات تخميد الذروة لإشارات الصورة والصوت وذلك للاختلاف في عدد الخطوط من 625 إلى 525 ومن 50 هرتز إلى 60 هرتز من جراء اعتماد أنظمة الارسال SECAM,PAL في أوربا و NTSC في أمريكا وكندا واليابان. وهناك اختلاف في معدلات RF نتيجة لاختلاف إطارات الارسال.

تحتوي كتل LNB المستخدمة في شمال وجنوب أمريكا على مخارج بتردد 950-1450 ميغاهرتز وهي مصممة لتعمل في المجال من 3.7 وحتى 4.2 جيغاهرتز أو من 11.7 وحتى 12.2 جيغاهرتز. وهذه هي المجالات القياسية لحزمة الترددات C و Ku على التوالي. وبما أنه توجد ثلاثة مجالات ترددية في الحزمة Ku في أوربا تغطي المجال من 10.7 وحتى 12.7 جيغاهرتز، فإن كتل LNBs صممت ليكون لها مخارج بترددات من 950 وحتى 1750 ميغاهرتز. ولدى عمل كتل LNBs الأمريكية في أوربا فإنها سوف تلتقط فقط الأقنية الواقعة ضمن المجال 11.7 – 12.2 جيغاهرتز. وبالمثل، فإن الكتل LNBs الأوربية والتي تغطي المجال من 11.7 وحتى 12.2 جيغاهرتز قادرة على استقبال أنظمة الارسال المشابهة في شمال أمريكا واليابان والمناطق الأخرى من العالم.



14

تشغيل التلفزيون

تهدف الفصول 14 15 إلى تزويد القارئ بفكرة عن التقنيات والتطور التاريخي لأنظمة الارسال التلفزيوني. ويفيد هذا الفصل بتكوين خلفية كافية من المعلومات الضرورية لفهم أسس أنظمة التشغيل. ويعتمد جزء من وصف عمل التلفزيون في المواد اللاحقة على أمثلة من نظام NTSC. إن مبادئ عمل المستقبلات التلفزيونية في أنظمة PAL و SECAM هي ذاتها تقريباً وثمة فروقات بين أنظمة التشغيل موضحة في الفصل 15.

آلية عمل التلفزيون

الغاية من المستقبل التلفزيوني هي إعادة تشكيل الصورة الأصلية والصوت المرسلة من الأستديو بأفضل دقة ممكنة. وتكتب الصورة خطاً بعد خط على شاشة مطلية بالفوسفور بواسطة حزمة إلكترونية تسبب لمعان الفوسفور في نقاط الإضاءة. يتم التحكم بحزمة الإلكترونات على صمام التلفزيون من خلال مجموعة ملفات حول عنق الصمام. ويؤدي مسح شدة الناتج أصلاً من الإشارة التلفزيونية إلى تغيرات في الإضاءة وهذه التغيرات تشكل الصورة.

تتولد الصورة أبيض/أسود (b/w) من حزمة وحيدة بينما تتولد الصورة الملونة من مسح ثلاث حزم فوق ثلاث شبكات فوسفورية ذات لون أزرق، أخضر وأحمر متوضعة على سطح الشاشة. ويمكن اشتقاق جميع الألوان الأخرى تقريباً من هذه الألوان الأساسية لذلك فإن كثافة الحزم الحمراء والخضراء والزرقاء تحدّد الإضاءة Luminance أو اللمعان كما تحدّد تدرج اللون على الشاشة.

المسح

كان المسح هو الحل لمسألة إعادة توليد مشهد معقد يحدث آن واحد في نقاط كثيرة من الفراغ و ارساله كسيل متتالي من معلومات. ويتم رسم الصورة خطاً بعد خط على شاشة التلفزيون المطلية بالفوسفور. يبدأ المسح من الزاوية اليسارية العلوية للشاشة كما ترى من الأمام. ويمسح الخط الأول الشاشة بحيث تنتهي لدى الوصول إلى الجانب الأيمن. ولا يوجد ارسال أثناء فترة إعادة الخط والمسماة بفترة الإطفاء الأفقي حيث تتحرك الحزمة من اليمين إلى اليسار ومن ثم يصار لرسم الخط الثاني وهكذا... وعند الانتهاء من رسم الخط السفلي، تحذف إضاءة الحزمة ثانية أثناء فترة الإطفاء الشاقولي بينما يتوضع الشعاع في أعلى الشاشة. أثناء فترات الإطفاء الأفقي والشاقولي يمكن تحميل الإشارة التلفزيونية بمعلومات أخرى مثل نص مرئي، صوت رقمي أو معلومات عنونة لأنظمة تعمية.

الدقة الشاقولية Vertical Resolution

تتحدد الدقة العمودية للصورة بعدد الخطوط المستخدمة لمسحها. وكلما ازداد عدد الخطوط كلما أصبح النظام قادراً على إظهار تفاصيل أكثر دقة للمشهد. وقد استخدم في بدايات ظهور التلفزيون عدد قليل من الخطوط وصل إلى 405 خطاً وعدد كبير من الخطوط بلغ 819 خطاً لكل إطار. ومن الطبيعي أن ينجم عن العدد القليل من الخطوط صورة ذات دقة شاقولية ضعيفة تبدو على شكل حبيبات على الصورة، بينما يتطلب العدد الأعلى من الخطوط استعمال عرض حزمة ترددية واسعة وغير مقبولة لارسال الكمية الهائلة من المعلومات. وفي الوقت الحاضر أصبح كلاً من عدد خطوط المسح 525 و625 هي المقاييس المقبولة في الأنظمة التلفزيونية عبر العالم.

لا تستخدم جميع الخطوط سواءاً في نظام 525 أو625 خطاً لارسال معلومات الفيديو. بل أن بعضها محجوز لمعلومات

النص المرئي أو إشارات فحص فترة لإطفاء العمودية، وهذه الإشارات مصممة لتسمح للمهندس بالتأكد من جودة الاستقبال وحسن أداء الأجزاء المختلفة من المستقبل التلفزيوني.

معدل المسح والدقة الأفقية

إن اختيار معدل المسح يتضمن البحث عن حل مثالي، حيث تتشكل الصورة أو الإطارات بأعلى سرعة ممكنة لكي تبدو الحركة المستمرة و متقاربة إلى أبعد ما يكون. ولكن عند سرعة مسح عالية، تتناقص كمية الإضاءة الناتجة على سطح الشاشة من جراء التحديد الضمني لاستجابة الطلاء الفوسفوري: إذ تبقى الحزمة في مكان واحد لفترة زمنية قصيرة وبذلك يضعف تأثيرها. بالإضافة إلى ذلك، فإن مستوى أعلى للإطارات يتطلب حزمة ترددية أعرض لأنه ينجم عنها تغيرات أكثر في شدة الإضاءة. كلما كانت حزمة القنال أعرض، و كلما كانت تبدلات الجهد للإشارة أقل حدة وبذلك يكون عدد تغيرات الإضاءة الممكن ارسالها على كل خط أقل. و تحدد جودة الشاشة الفوسفورية مقدار استجابة التلفاز لتغيرات شدة الإضاءة. لذلك فإن دقة الصورة الأفقية يحددها عرض حزمة الارسال وكذلك تصميم وصناعة الجهاز التلفزيوني.

معدل الإطار واستقرار الصورة

ينبغي أن تتم عملية رسم الصورة أو الإطارات على الشاشة بسرعة كافية لتمثيل الحركة المستمرة. في البداية، كان الارسال الأسود والأبيض يعتمد تردد إطار مساوياً لتردد التغذية الكهربائية في البلد المعني، وبذلك فإن التلفازات الأوروبية والأمريكية تومض بمعدل 50 و60 صورة في الثانية على الترتيب، ولكن اختيار معدل إطار كهذا استدعى استعمال عرض حزمة إشارة غير مقبول. لذلك اختارت الهيئات الهندسية تردد إطار يساوي نصف التردد السابق أو 30 صورة في الثانية وذلك في شمال أمريكا. أما في أوروبا، فقد اختير إطاراً من 25 صورة في الثانية (إن هذا الاختلاف في معدل الإطار كان أحد الأسباب الرئيسية لإدخال نظام HDTV، و إن الأنظمة الحديثة الأوروبية مثل نظام MAC تستخدم 50 هرتز بينما هناك أنظمة أخرى قوية تعتمد التردد 60 هرتز).

إن التشابك كان الطريقة الذكية لحذف الرجفان الناتج عن استخدام تردد منخفض للإطار. فقد قسم الإطار إلى حقلين حيث يتم مسح نصف الصورة في الحقل الأول والباقي في الحقل الثاني. مثلا، المستقبلات التلفزيونية الأمريكية تستقبل 60 حقلاً في الثانية ولكن هناك 30 صورة كاملة أو إطاراً أثناء هذا الزمن. وأيضاً تستقبل الأنظمة الأوربية 50 حقلاً في الثانية مع 25 صورة كاملة فقط والنتيجة في الحالتين هي حذف الرجفان بينما يبقى عرض الحزمة عند قيمة معتدلة نسبياً.

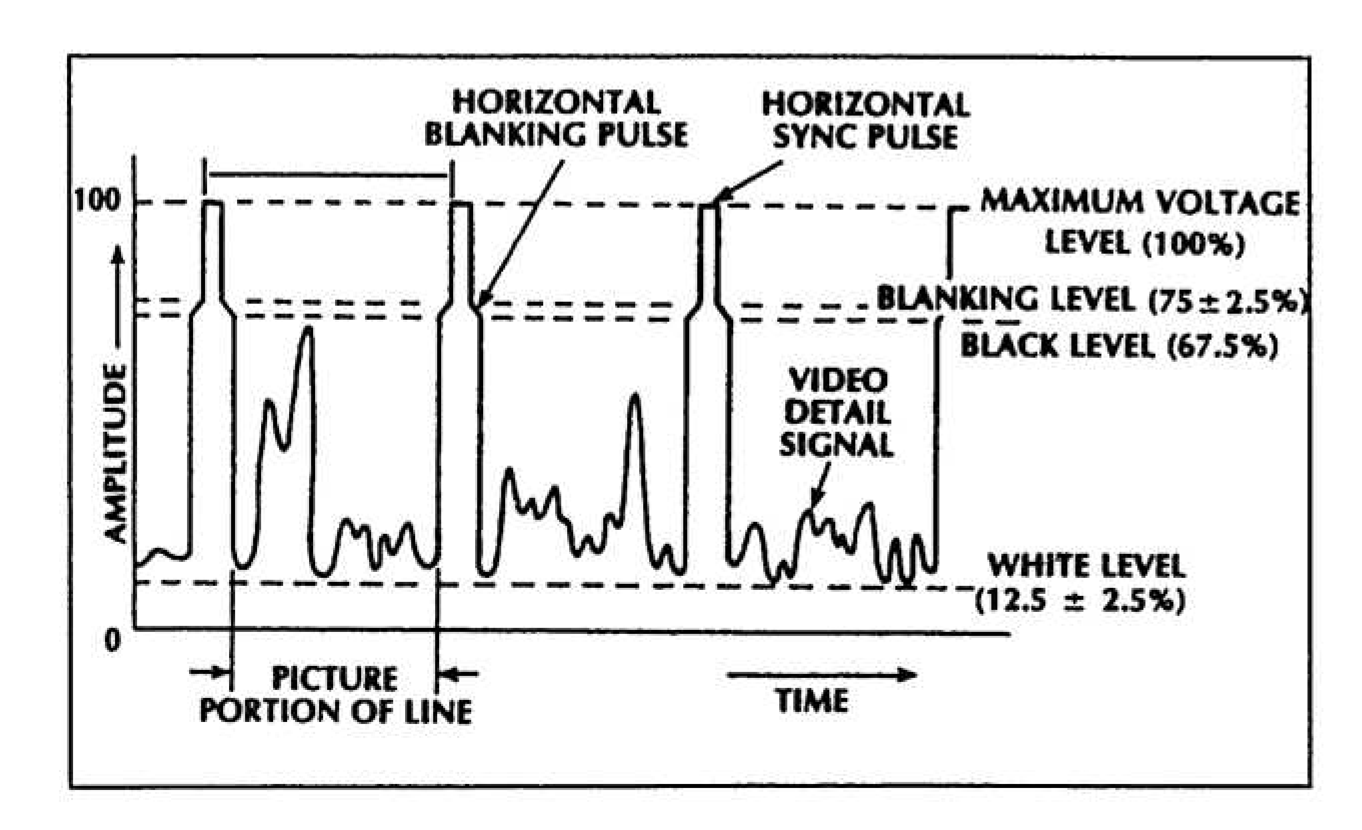
إشارة تلفزيونية للأسود والأبيض

يتغير مطال الإشارة المرئية في حزمتها الأساسية تبعا لنموذج الإضاءة في كل خط مسح ناتج عن الكاميرا التلفزيونية. وفي حال عدم وجود إشارة فيديو يظهر على الشاشة شكل عشوائي متجانس من النقاط المتدرجة من الأسود إلى الأبيض ويسمى هذا الشكل (raster). عندما توجد إشارة فيديو فإنها تزيد أو تنقص من كثافة حزمة الإلكترونات وكلما زادت كثافة الحزمة كلما ازداد لمعان الإضاءة والعكس بالعكس.

هناك مستويين مرجعيين في إشارة الفيديو الأصلية هما المستوى المرجعي للأبيض والمستوى المرجعي للأسود (انظر الشكل 14-1). من أجل جهود عند المستوى المرجعي الأبيض تكون كثافة حزمة الإلكترونات بأعلى مستوى لها والشاشة الفوسفورية بلمعان أعظمي. ومن أجل مستويات دون المستوى المرجعي الأسود لا توجد إضاءة بتاتاً.

لاعادة تكوين الصورة التلفزيونية، يجب أن يكون هناك تزامن مطلق بين المسح في الكاميرا التلفزيونية والمسح في جهاز المستقبل التلفزيوني. ويتم ادخال نبضات التزامن لتوقيت دقة المسح في الأجزاء التي لا يوجد فيها معلومات صورة في إشارة الفيديو. إن نبضات التزامن الأفقية و الشاقولية تحدد بداية رسم الشعاع الأفقي والشاقولي على الترتيب. وإذا لم يحدث التزامن الشاقولي فإن الصورة التلفزيونية سوف "تتدحرج Roll" وإذا زالت نبضات التزامن الأفقي أو حدث خطأً فيها فإن الصورة سوف "تدمع tearing". إن نبضات الإطفاء يتم ادخالها أثناء الفترات الأفقية و الشاقولية لقطع الحزمة بحيث لا تظهر خطوط عودة شعاع المسح إذ تفصل حزمة الإلكترونات بواسطة نبضات الإطفاء التي تتكون ببساطة من جهود دون المستوى المرجعي للأسود.

إن الإشارة التلفزيونية العادية المرسلة بالهواء مؤلفة من حاملين منفصلين أحدهما معدّل بمعلومات الفيديو والآخر بمعلومات الصوت. حامل الصوت معدل ترددياً لخفض الضجيج، وحامل الفيديو معدل سعوياً لجعل عرض الحزمة المستخدمة أصغر ما يمكن. إن حامل الفيديو ذو التعديل السعوي معدل بجهد يتناسب مع تغيرات الإضاءة لكل خط مسح ناتج عن كاميرا التلفاز. ويلتقط جهاز التلفاز كل من إشارات الصوت والصوت في نفس الوقت. يتم تكبير هذه الأمواج لتحسين الاستقبال ومن ثم يكشف التعديل للحصول على المعلومات الصوتية والمرئية المركبة المرسلة. إنها تضم كل المعلومات، وخصوصاً إشارة الصورة والصوت بالإضافة إلى النبضات الضرورية للتزامن والإطفاء المطلوبة لاعادة تشكيل الصورة والصوت الأساسيين.



شكل 14-1 إشارة تلفزيونية. هذا الشكل التوضيحي يبين مكونات ثلاثة خطوط لإشارة فيديو تلفزيونية. عند مستوى أعلى من مستوى 67.5% والذي يمثل مستوى الأسود يتم إطفاء الحزمة. ويقع مستوى " أسود من الأسود" بين 67.5% و 100% من مستوى الجهد الأعظمي. وتتوزع معلومات الصورة بين مستوى الأسود والأبيض. لذلك، فأثناء فترات الإطفاء الافقية التي تحتوي نبضات الإطفاء ونبضات التزامن لا توجد إضاءة على الشاشة.

إشارة التلفاز الملون

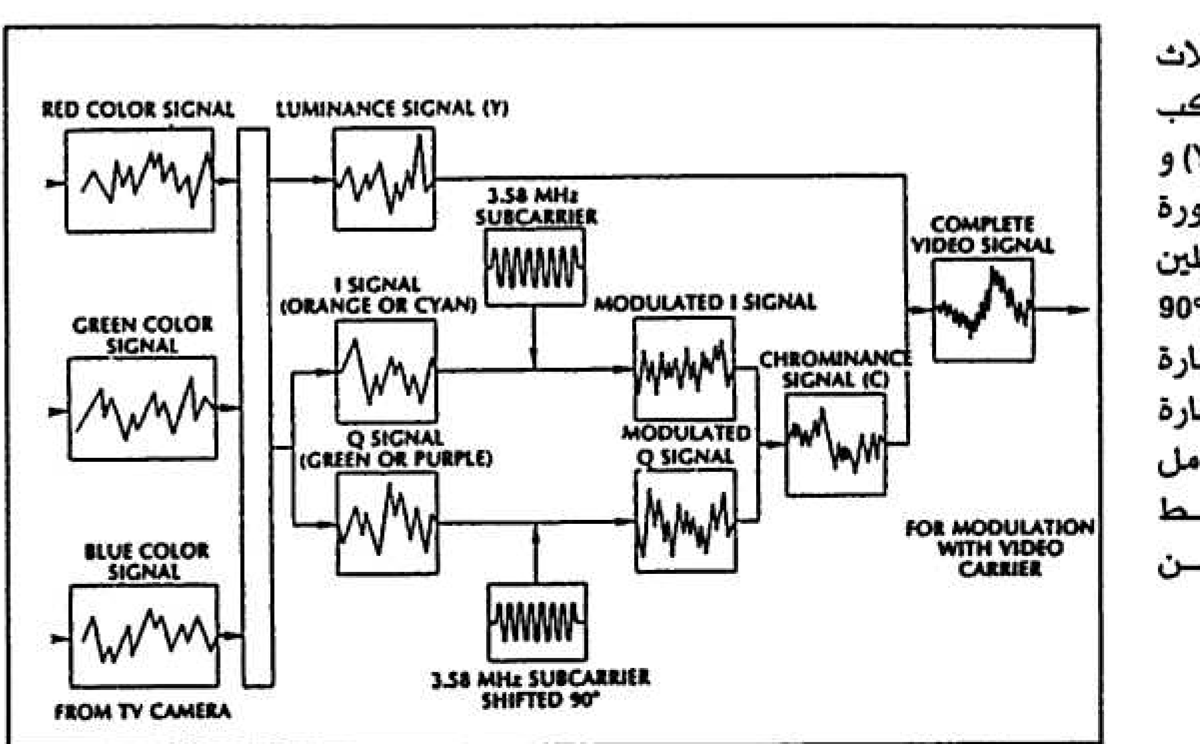
تتركب الإشارة الملونة من حامل صوت معدل ترددياً FM وحامل فيديو معدل سعويا AM تحتويهما حزمة ترددية بعرض 6 ميغاهرتز في نظام NTSC و 8 ميغاهرتز في نظام PAL (انظر الشكل 14-2). إن جزء الفيديو ينبغي أن يحتوي ذات التتابع لفترات الإطفاء ونبضات التزامن. هذا التشابه هام وحيوي لأن الإشارة الملونة يجب أن تعيد تشكيل صورة تلفزيونية بالأسود والأبيض. وبلغة فنية، يجب أن يكون هناك تلاؤم بين إشارة التلفزيون الملون وإشارة التلفزيون الأسود والأبيض.

مع ذلك، تكون الإشارة الملونة أكثر تعقيداً من إشارة الأسود والأبيض b/w. إن تغيرات المطال لإشارة الفيديو b/w تمثل تغيرات من الظلام المطلق إلى بياض لامع للصورة. ولكن تغيرات المطال لإشارة الملونة هي تمثيل معقد لكل من الإضاءة والألوان للصور المأخوذة بالكاميرا التلفزيونية. إضافة لذلك فإن إشارة اللون تتضمن نبضات تزامن خاصة تدعى رشقة تزامن لونية "color sync burst" وهي مؤلفة من 8 إلى 11 موجة جيبية بتردد 3.85 ميغاهرتز (في نظام PAL و 4.43 ميغاهرتز في نظام SECAM) ويتم ادخالها مباشرةً بعد نبضات التزامن الأفقي على نبضات الإطفاء الأفقية وتفيد للتأكد من أن الألوان المعاد تشكيلها على الشاشة تتوافق مع المشهد المصور في الاستديو. يؤدي أي تغيُّر في نظام NTSC إلى حدوث تغيُّر في اللون المكشوف. ويستخدم في نظام PAL تبدلات الطور بين خط وآخر وبذلك يمكن فصل واستبعاد الأخطاء التي تحدث للطور.

تحلل الكاميرا الملونة المشهد المصور إلى ألوان ثلاثة أساسية هي الأحمر، الأخضر والأزرق ومنها يمكن تشكيل جميع الألوان الأخرى. إشارة الإضاءة (Y) التي تتناسب مع مستويات الإضاءة للصورة الأصلية تتشكل من تراكب إشارات الألوان الثلاثة ومنها تشتق الصورة b/w. عندما تتراكب الألوان الرئيسية وبنسب صحيحة ينتج عنها اللون الأبيض. ونسب الحصول على ضوء أبيض هي 30% أحمر، 59% أخضر و 11% أزرق. ويعبر عن ذلك بما يلي:

الضوء الأبيض : $0.11B + 0.59G + 0.3R = Y$

من هذه المعادلة يمكن استنتاج بأن أي تغيير في مستويات اللون يؤدي إلى تغير في مستوى الإضاءة. وهذا يمكن إظهاره على الصورة السوداء والبيضاء كتبديل في مستوى شدة الإضاءة أو مستوى الرمادي.

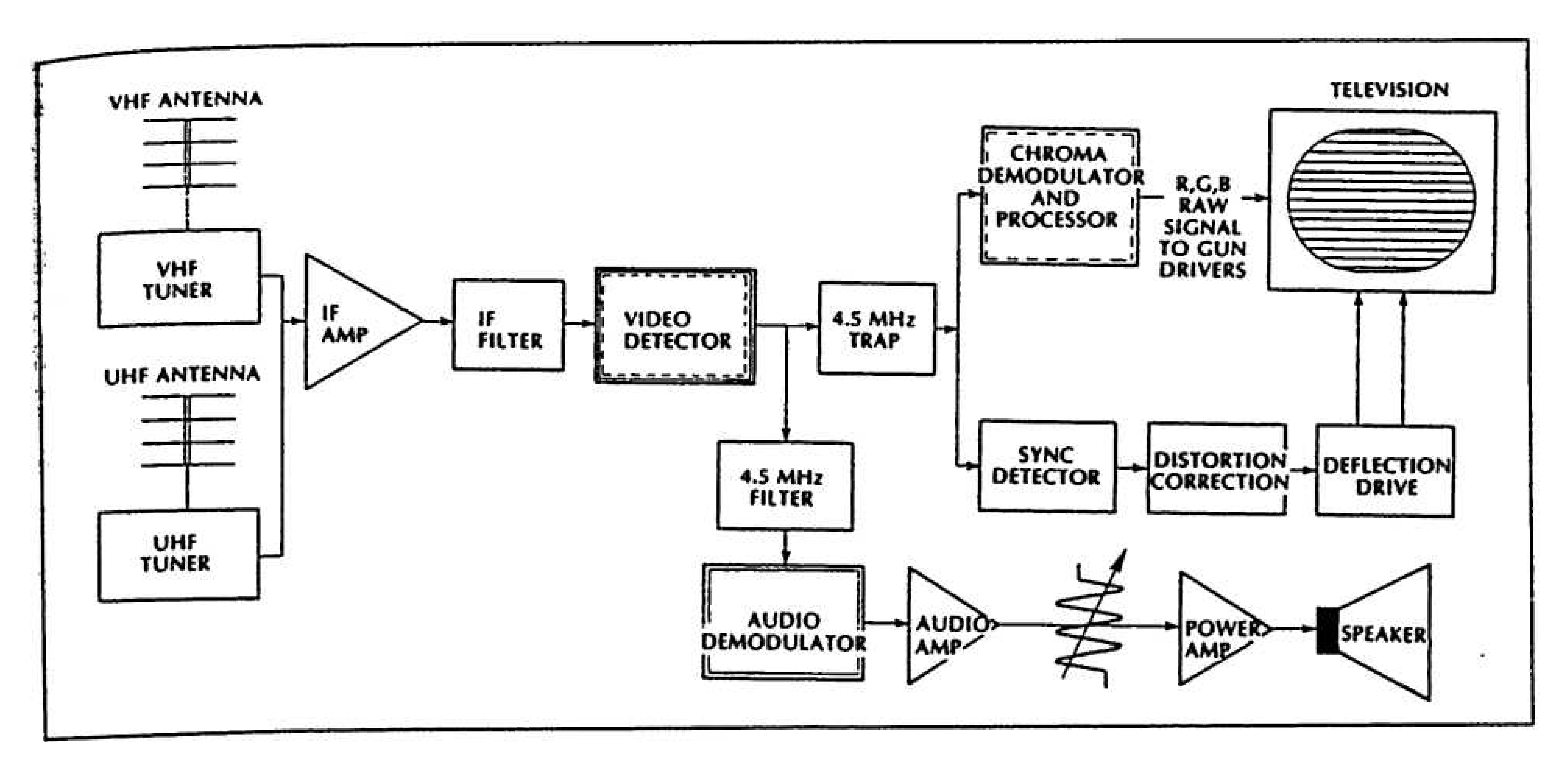


شكل 14-2 إشارة تلفاز ملون NTSC. الإشارات الثلاث الأساسية هي الأحمر، الأزرق والأخضر. وهي تتراكب من الكاميرا التلفزيونية لتوليد إشارة الإضاءة (Y) و إشارتين تباين (Q,I). معلومات الإضاءة لتوليد صورة أسود وأبيض. ويتم تعديل إشارتي التباين على حاملين بتردد 3.58 ميغاهرتز مختلفتين في الطور بمقدار 90° درجة ومن ثم إعادة تركيبهما لتشكيل اللون أو إشارة التلوينية. تخرج إشارتي الإضاءة والتلوينية معاً في إشارة الفيديو المركبة composite للتعديل على الحامل الثانوي ذو التردد 3.58 ميغاهرتز ويجب أن يرتبط الحامل الثانوي مع الإشارة المركبة بحيث يمكن استخلاص إشارات اللون الأصلية من إشارات التباين.

لا ترسل الإشارات في إطار الألوان RGB بل تعالج في دارة مصفوفة ينتج عنها إشارة الإضاءة Y وإشارتين لفرق الألوان هما الأحمر ناقص الإضاءة R-Y المسماة أيضاً Q أو U، والأزرق ناقص الإضاءة B-Y المعروفة باسم I أو V. وتشتق إشارة اللون الأخضر في جهاز الاستقبال التلفزيوني. إن كمية الأخضر في الإشارة هي أساساً Y-R-B أو بالأحرى هي كمية الإضاءة التي لا تتوزع إلى أحمر وأزرق.

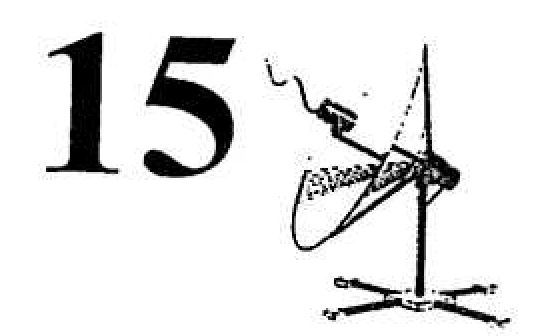
إن إشارتي فرق اللون يتم تعديلهما معاً مع وجود فرق صفحة 90 درجة بينهما و يكون التعديل بحامل ثانوي ذو تردد 3.58 ميغاهرتز في نظام (NTSC) أو 4.43 ميغاهرتز في نظام (PAL). هذا النوع من التعديل هو شكل وحيد الجانب "sideband" حيث يحذف الحامل بعد التعديل. وينبغي على جهاز التلفاز إذاً إعادة توليد تردد الحامل والطور بحيث يكشف تعديل معلومات اللون ولهذا السبب أدخلت نبضات اللون على موجة الفيديو. تسمح نبضات اللون للمستقبل التلفزيوني بجعل مذبذب اللون الخاص بالجهاز بالبقاء بحالة قفل على طور وتردد اشارة الدخل الفيديوية.

تتراكب اشارتي الإضاءة Luminance و اللونية Chominance معاً أو تدخل الاشارتين إلى multiplexer ترددي لتشكيل إشارة فيديوية مركبة لإشارة الارسال الأصلية. هذه الاشارة تعدل مطالياً في النهاية على حامل لتبث نحو أجهزة الاستقبال (انظر الشكل 3-14). يستخدم المستقبل التلفزيوني نبضات اللون التي مهمتها الحصول على تردد مماثل لتردد الحامل الثانوي للون وذلك كمرجع لاعادة تشكيل اشارتي I و Q من الاشارة).



شكل 3-14 المخطط الصندوقي الاساسي لمستقبل تلفزيوني. تدخل الاشارة من أحد الناخبين VHF أوUHF إذ أن الناخب VHF يجب أن يميز قنال أو حزمة ترددات ضمن المجال من 54 وحتى 216 ميغاهرتز أو من 54 وحتى 456 ميغاهرتز في مستقبلات الخط المحوري. ويقبل الناخب UHF الترددات في المجال من 470 وحتى 806 ميغاهرتز. إن خرج أحد الناخبين هو تردد متوسط IF 45.75 ميغاهرتز متمركز عند اية قنال منتقاة بعرض حزمة 6 ميغاهرتز وتمر اشارة التردد المتوسط عبر مرشح تمرير حزمة لإزالة اية اشارة غير مرغوب بها من قنال مجاورة. تغذي الاشارة كاشف تعديل ليشتق منها الاشارة المركبة المرسلة. ويولد الكاشف أيضاً اشارة تغذية عكسية للتحكم الآلي بالربح (AGC) بحيث تحافظ على مستوى مناسب لربح الناخب ليومن جهداً صحيحاً للكاشف. ترشح الاشارة بعد ذلك لإزالة الحامل الثانوي للصوت ذو التردد 4.5 ميغاهرتز. وقبل الترشيح يلتقط جزء من اشارة الفيديو وترسل إلى دارة كشف الصوت. وحالما يتم عزل الحامل الثانوي ذو التردد 4.5 ميغاهرتز، ويصار لكشف التعديل يجري ترشيحه وتكبيره وهناك العديد من المخمدات المستخدمة للتحكم بالجهد الذي يغذي مكبرات الصوت. تدخل اشارة الفيديو المركبة "النظيفة" بعد ذلك إلى كاشف اللون الذي يفصل الاشارات المختلفة إلى مركبات اشارة اللون الأساسية الثلاثة وهي اشارات الأحمر، الاخضر و الأزرق والتي تقود الحزم الإلكترونية لصمام الشاشة وتظهر الصورة. تغذي عينة من اشارة الفيديو أيضاً دارات التزامن إن نبضات التوقيت التي تشكل جزءاً متكاملاً مع الاشارة يتم إزالتها بدارة فصل التزامن. ومن ثم يرسل الجهد الصحيح إلى دارات الانحراف لتوليد المسح المنظم للصورة.

15



أنظمة الإرسال

BROADCAST FORMATS

NTSC, PAL,SECAM and MAC

SECAM, PAL, NTSC

هناك ثلاثة أنظمة قياسية للارسال التلفزيوني هي NTSC، بال PAL، وسيكام SECAM، ويعتبر النظامان PAL و SECAM أنظمة محسنة لنظام NTSC الذي سبقهما. ولكن جميع هذه الأنظمة متماثلة في طريقة المسح وتختلف في عدد خطوط كل إطار وفي نمط ترميز معلومات اللون و قد اعتمد في تطويرها أساساً على تردد التغذية الرئيسية وموقع القنال المعتمد في كل بلد وهناك تلاؤماً بين هذا التردد (عموماً 50 أو 60 هرتز) وتردد الحقل الذي يشكل ضعف تردد مسح الصورة.

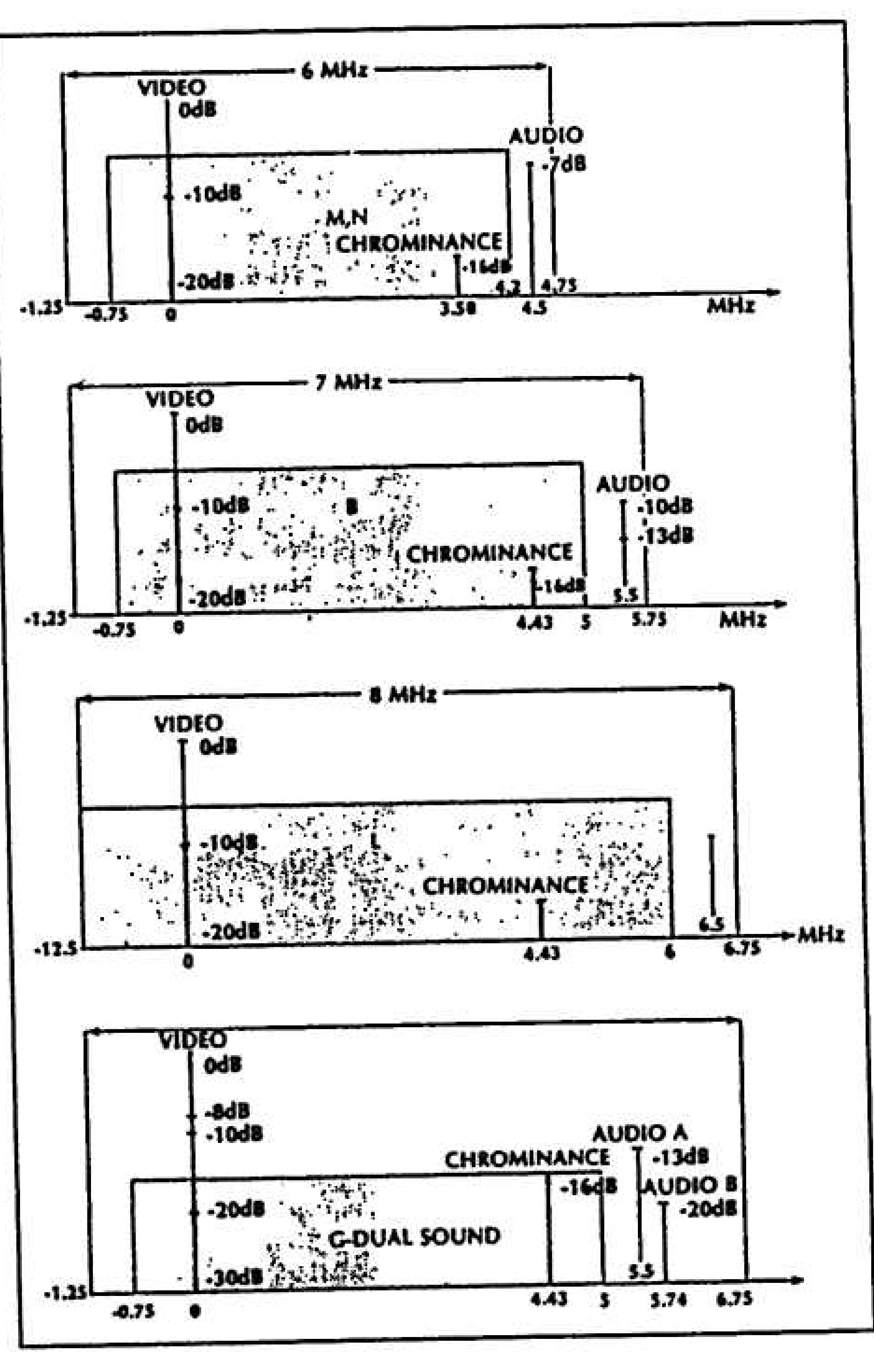
في نظام PAL هناك تعديلاً طفيفاً على طريقة إرسال اللون المتبعة في النظام الأساسي NTSC وذلك لجعل تأثير تشويه الطور على دقة اللون أصغرياً. إذ عند حدوث خطأ في الطور، هناك بعض الصعوبات العملية في اعادة تشكيل اشارات اللون الأصلية من اشارات الفرق. في النظام PAL ينشأ قلب لطور اشارة اللون من خط إلى خط ومن هذا التعديل جاءت تسمية النظام PAL (phase alternating line). ونتيجة لذلك فإن أي خطأ بالصفحة يؤدي إلى نسوء تأثير عكسي على تتالي الخطوط وسوف تقوم عين الرائي بالحذف التلقائي لقيمة وسطية معتدلة من تشويه اللون.

في نظام SECAM، يتم ارسال اشارة فرق واحدة لكل خط ويتطلب هذا النظام وجود خطين لاستعادة معلومات اللون بحيث يحصل بعض الاعتدال، وتسمية "sequential color with memory" تعكس الطريقة المستخدمة في المعالجة. وكذلك في نظام MAC يُعتمد الإرسال المتوالي للخطوط لنقل إشارتي فرق اللون. وترسل معلومات اللون في نظام SECAM عن طريق التردد وليس بالتعديل السعوي كما هو الحال بالنسبة للأنظمة الأخرى.

تتغير حوامل التردد وعرض الحزم الترددية من نظام إرسال لآخر. فمثلاً، يعين 6 ميغاهرتز كعرض حزمة في النظام NTSC. والحامل الصوت المعدل ترددياً FM ترددا مركزياً يقع دون النهاية العليا للقنال بمقدار 0.25 ميغاهرتز وله عرض حزمة بحدود 50 كيلو هرتز وبذلك يبقى 5.7 ميغاهرتز كحامل الفيديو. يتمركز حامل الفيديو عند تردد 1.25 ميغاهرتز أعلى من النهاية الصغرى للقنال، لذلك فإن حامل الصوت يتوضع عند تردد أعلى من تردد حامل الفيديو بمقدار 4.5MHz. وبما ان معظم معلومات الفيديو محتواة في الترددات التي تزيد عن 1.25 ميغاهرتز، لذلك فإن حوامل الصوت والفيديو لإشارة الارسال المركبة تحتل مجالاً ترددياً من 1.25 ميغاهرتز وحتى 5.75 ميغاهرتز، إضافة إلى 50 كيلوهرتز. وهذه الاشارة المركبة تحتوي على اشارة الفيديو، معلومات الإطفاء ونبضات التزامن الأفقية والعمودية. ويعود السبب في تركيز هذه الاشارة في وسط مجال الحزمة التي عرضها 6 ميغاهرتز إلى جعل التداخل بين الأقنية المتجاورة في حدوده الصغرى.

تستخدم أيضاً أقنية بعرض حزمة 7 أو 8 ميغاهرتز في أنظمة الارسال التلفزيوني في العالم. يوضح الشكل 15-1 إطارات للارسال في المجالين VHF و UHF ومستوى الجهد والتردد المستخدمين في مختلف الأنظمة. إن معظم الدول تستخدم واحداً من خمسة نماذج تعتمد الأنظمة الثلاثة الأساسية المستخدمة في إطارات الفيديو وهي PAL-N,NTSC,SECAM,PAL-B أو PAL-M. إن النظام PAL-N هو ما تعتمده الأرجنتين وبعض دول أمريكا اللاتينية، بينما اعتمدت البرازيل النظام PAL-M الذي يستفيد من جميع مزايا نظام PAL العادي مع عرض حزمة فيديو 4.2 ميغاهرتز أما شكل نبضات اللون وعدد خطوط المسح فهو كما في نظام NTSC، ولا يختلف PAL-N عن PAL-M سوى أنه يستخدم

إطاراً يحتوي على 625 خطاً. للأسف فإن كثيراً من أجهزة التلفاز متعددة الانظمة وأجهزة الفيديو المتوفرة في الأسواق ليست قادرة على تحصيل إشارة جيدة تعود لأحد النظامين PAL-M و PAL-N، ونتيجة لذلك تظهر الصورة بالأسود والابيض.

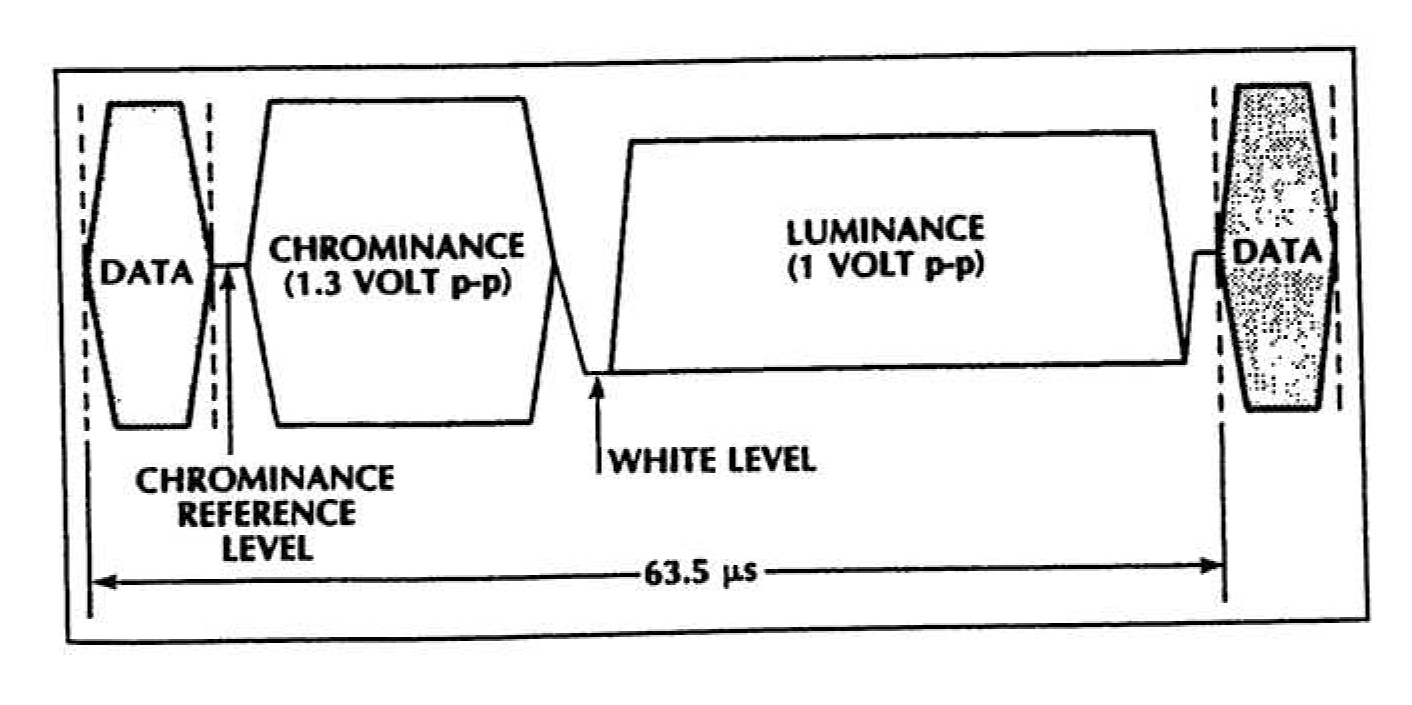


شكل 15-1. مركبات ترددية لقنال منتشرة عالمياً حيث تضبط مستويات الحوامل والحوامل الثانوية المختلفة في الإطارات الأساسية 7،6 و8 ميغاهرتز لجعل التداخل بين الأقنية المتجاورة في حده الأدنى.

يعتبر نظام PAL هو الأوسع انتشاراً في أوربا. بينما تبث دول أوربا الشرقية والدول المتفرعة عن الاتحاد السوفيتي السابق ارسالها معتمدة نظام SECAM ولكن لاعتبارات انتاجية وكلفة تصنيع أدنى فإنهم يبحثون عن امكانية التحويل إلى نظام PAL. إن معظم أجهزة التلفاز المباعة حالياً في أوربا هي متعددة الأنظمة ويمكنها استقبال النظامين PAL وSECAM وليست هناك صعوبات عارمة في التصميم لأن الدارة المستخدمة لكشف ترميز اللون هي متعددة الاقنية وهناك حاجة فقط لإضافة بعض العناصر لجعل الجهاز قادراً على استقبال النظامين.

نظام MAC

يعتبر نظام MAC (multiplexed analogue components). من الأنظمة الحديثة تماماً ومختلفاً عن الأنظمة السابقة. ففي أنظمة NTSC,PAL و SECAM التقليدية يكون ارسال التردد بحيث تكون إشارات معلومات الصوت واللون (chrominance) والأسود والأبيض (luminance) جميعها مرسلة بإشارة واحدة بطريقة "multiplexing". وعلى جهاز التلفاز أن يقوم باستخلاص المركبات الأصلية منها. إن هذا التصميم يعتبر ناجحاً غير أنه عرضه لأنواع مختلفة من تشويه الصورة. في نظام MAC يتم زمنياً ضغط اشارات معلومات الصورة واللون والإضاءة ومن ثم تعاد هذه الإشارات على التوالي sequentially عند مسح كل خط (انظر الشكلين 15-2 و 15-3). وترسل إشارتي فرق اللون على خطين متناوبين. وتجنب هذه الطريقة للتقسيم الزمني أي تداخلات بين مكونات الأشارة وينجم عنها اعادة تشكيل للصورة بحالة أفضل.



شكل 15-2 إطار ارسال في نظام MAC. ترسل اشارات المعلومات واللون والإضاءة بالتتالي و بالشكل المضغوط ضمن خط مسح افقي. هذه التقنية تجنب بعض تشوهات الفيديو التي تظهر مع نظم الارسال التقليدية.

هناك بعض المزايا الأخرى لنظام MAC، إذ تتطلب معلومات التزامن 0.2% فقط من الزمن الكلي للارسال مقارنة بما يزيد عن 20% في الأنظمة التقليدية ويستفاد من الفراغ وعرض الحزمة المحرر بملئه بمعلومات رقمية أخرى. ونبضات التزامن القوية جدا تعني بأن نقطة قدح الخط لا يمكن تجاهلها وبالتالي فإنه نادراً ما يحدث أن "تدمع" الصورة الأفقية، وكذلك فإن تشويه اللون يصبح في حده الأدنى ويزداد عرض الحزام المخصص لإشارة اللون و بما أن الحوامل الثانوية غير مستخدمة في نظام MAC فإن نسبة الإشارة إلى الضجيج لإشارة الفيديو المرسلة تصبح أعلى ومستقبلات الاقمار الفضائية تعمل بمستوى مست منخفض وبأداء أفضل. كذلك فإن الهوائيات تصبح أصغر بنسبة 20% مقارنة بالسطح المطلوب لاستقبال الارسال بالأنظمة الأخرى وقد تم التصميم الالكتروني لمستقبلات النظام MAC بحيث تؤمن إشارات الفيديو للألوان الاساسية الأحمر، الاخضر والأزرق القابلة للإظهار على أحدث أنواع الشاشات وأكثرها تطوراً.

تصمم أقنية الصوت في نظام MAC لتكون متلائمة مع مكبرات الصوت عالية الحساسية إذ يتبع أسلوب ضغط الاشارة وتوسيعها companding مع دارات تقوية للذروة Pre-emphasis بحيث يكون ضجيج القنال في حدوده الدنيا.

هناك عدة أشكال من أنظمة MAC جرى تطويرها (انظر الجدول 15-1) تختلف عن بعضها في طريقة ارسال المعلومات والصوت. فمثلاً، في نظام C-MAC يكون حامل التردد الراديوي RF متفرعاً زمنياً time-multiplexed –استخدام طريقة التعددية الزمنية لتحميل القنوات الصوتية على الحامل الراديوي– أثناء فترة الإطفاء الأفقية. ويمكن ربط ما يزيد عن ثمانية أقنية صوت عالية الحساسية. وفي نظام B-MAC الذي تم نشره في استراليا وشبكة فنادق (holiday Inn) للاصطياف في أمريكا الشمالية، فإن المعلومات متفرعة زمنياً أيضاً بالنسبة لإشارة محطة الإرسال الأصلية وهذا ما يسمح ببث ست أقنية للصوت. حالياً، تم تطوير أنظمة MAC لتتعامل مع كل من نظامي الارسال 525 خطاً و 625 خطاً أي كما هو الحال في أنظمة NTSC و SECAM/PAL على الترتيب. و MAC هو إطار مرمز وقادر على التعامل مع أي معدل لخطوط المسح.

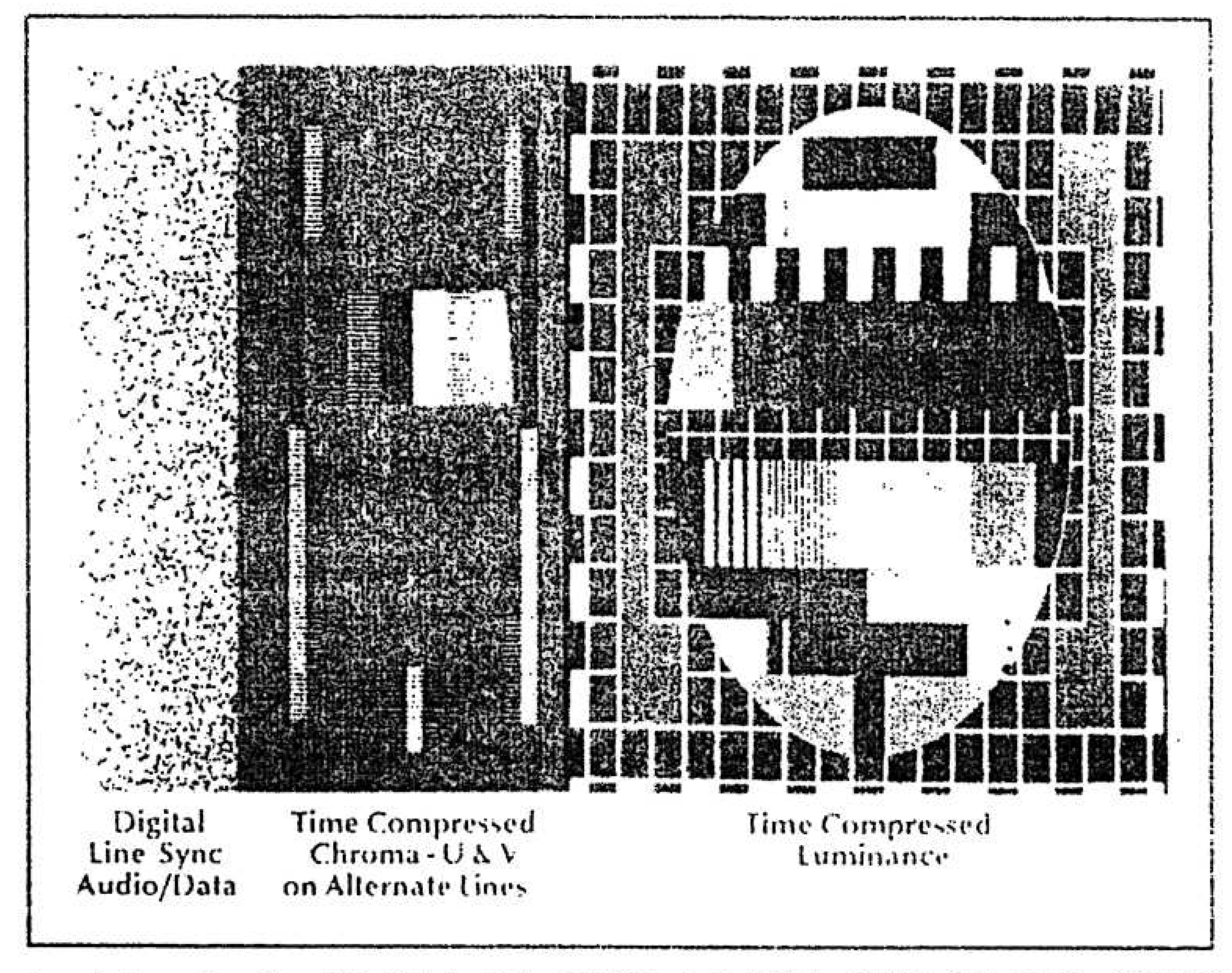
	تقسيم ترددي	تقسيم زمني
إشارة أساسية	A-MAC	B-MAC
Baseband RF	D-MAC	C-MAC

جدول 15-1 إطارات الصوت في نظام MAC.

في أوربا، من المحتمل أن يحل نظام MAC الجديد محل نظام PAL الحالي خلال العشر سنوات القادمة وبدأ هذا التحول في البث الفضائي. وكانت الدارة المتكاملة DI GIT2000 عاملاً مساعداً على ادخال نظام MAC. يمكن ترميز إشارة اللون التقليدية ضمن اشارة الفيديو المركبة قبل تحويلها إلى اشارة رقمية وبذلك يمكن استخدام هذه الإشارة كإشارة دخل لنظام MAC عند هذه النقطة. وهكذا يصبح بالإمكان تصميم وتصنيع أجهزة تلفزيونية اقتصادية متعددة الأنظمة (PAL\SECAM\MAC).

يوجد لنظام MAC ميزة أخرى هي أنه يستطيع أن يرتقي إلى التلفزيون عالي الدقة (HDTV). وعلى النقيض من الأنظمة الأخرى عالية الدقة، فإن نظام MAC لا يتطلب من المشتري دفع قيمة جهاز تلفاز جديد من المحتمل أن يكون غالي الثمن، إذ أن معظم أجهزة التلفزة الأوربية قادرة الآن على استقبال الأنظمة المتعددة، وإن الارتقاء إلى نظام MAC يتطلب فقط إضافة لوحة دارة مطبوعة. ولأن نظام MAC يعتمد أساساً على المعالجة الرقمية، فإنه أصبح ممكناً ادخال نظام HDTV الرقمي على المعالجة الرقمية مع كواشف الترميز MAC المتوفرة حالياً.

إن نظام MAC يطمح ليصبح النظام التلفزيوني الاوربي وقد يكون العالمي للارسال وقد تم ادخاله فعلياً. وبما أنه جرى تطويره في أوربا التي تمسك بزمام معظم أنظمة الارسال، فإن المصنعين الأوربيين قد سبقوا الشركات الأمريكية والشرق أسيوية ووجد الدافع لصانعي سياسة التسويق أن يجعلوا من MAC نظاماً قياسياً أوربياً. وبما أن أوربا الشرقية ودول الاتحاد السوفيتي السابق تعتمد حكومات جديدة وسياسات ونظم اقتصادية متغيرة، فإنها سوف تتأثر بقوة بتقنيات السوق الأوربية ومن الممكن أن تجد نفسها مضطرة لاختيار نظام MAC. لذلك فهناك جانب اقتصادي للموضوع، وعلى كتلة أوربا الشرقية السابقة أن تدخل في سباق التقنيات الحديثة وهذا يعني تأخيراً لمدة خمس سنوات على الاقل في اعتماد نظام MAC. في المستقبل القريب يبدو أن نظام PAL سوف يبقى الأكثر استخداماً ولكن انتشار MAC في أوربا قد يجعل الأسواق الامريكية واليابانية مجبرة لاعتماد هذا النظام. وهذه السلسلة من الأحداث قد ينجم عنها فعلياً بأن يصبح نظام MAC هو النظام العالمي. وبالطبع، سوف تبقى الأنظمة المألوفة PAL,NTSC و SECAM مستخدمة كبدائل منخفضة الكلفة مقارنة بالأنظمة الحديثة.



شكل 15-3 لوحة اختبار لنظام C-MAC جرى إظهارها على شاشة تلفزيونية تعمل بنظام PAL مع تزامن خارجي. إن الصورة لنظام C-MAC لن تبدو طبيعية على جهاز تلفزيوني عادي لأن MAC يعمل بتزامن رقمي، لذلك كان ضروريا استخدام تزامن خارجي لإظهار الصورة.

الصوت الرقمي

نظام NICAM

إن NICAM هي الأحرف الأولى من Near Instantaneously Companded Audio Multiplxer وتعني ضغط وامتداد الصوت المنتخب بشكل آني تقريباً، وهو نظام تعديل يعتمد التقنيات الرقمية لخفض كمية المعطيات المطلوبة لارسال المعلومات الصوتية. ويعني مصطلح companding عمليات الضغط والامتداد compression and expansion إذ أنه يتم ضغط إشارة الصوت عند المرسل ويقوم المستقبل لاحقاً بإعادة الإشارة إلى حالتها الأولى.

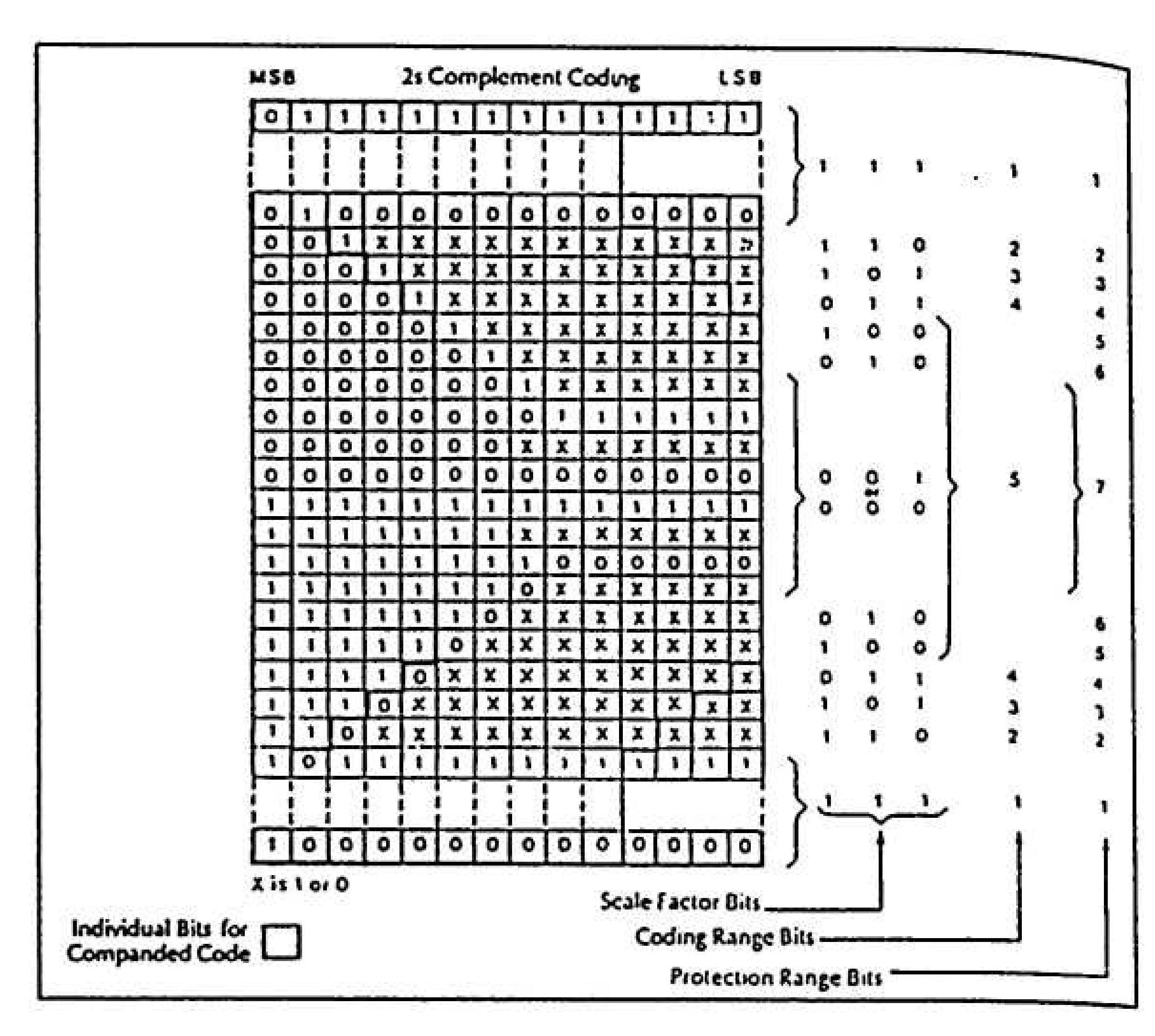
تم تصميم نظام NICAM لنقل قناتين للصوت بعرض حزمة 15 كيلوهرتز لكل منهما. وعادةً يكون تردد أخذ العينات أكبر من ضعف أعلى تردد موجود في الإشارة، أي حوالي 32KHz. هناك 14 خانة لكل عينة، وهذا يجعل سيل المعطيات data rate عاليا جداً ولا يمكن استخدامه مع عرض حزمة محدودة كما هو الحال في نظام PAL الأرضي. للتغلب على ذلك تضغط العينات المؤلفة من 14 خانة إلى 10 خانات وذلك بطرق رقمية تختلف قليلاً عن المعالجة بطرق الضغط التشابهي التي تستخدم في نظم خفض الضجيج الصوتي.

وتعتمد طريقة الضغط على مبدأ تقسيم عينات الصوت الرقمية إلى كتل مؤلفة من 32 خانة. ويتشكل إطار العينات بطريقة ترميز 2s complement بدلاً من الترميز الثنائي binary. ويتم ذلك بقلب الخانات في الكلمة الرقمية وإضافة واحد. إن حالة الخانة الأكثر أهمية MSB تحدد فيما إذا كان العدد سالباً أم موجباً.

يتم بعدئذ اختيار أعرض عينة في الكتلة وتستخدم هذه العينة لتحديد الطريقة التي يتم بها معالجة الكتلة.

بالرجوع إلى الشكل 15-4، هناك خمسة مجالات للترميز منسوبة إلى مطال أعظمي يساوي 1 وهي:

1 : من 1 إلى 0.5
2 : من 0.5 إلى 0.25
3 : من 0.25 إلى 0.125
4 : من 0.125 إلى 0.0625
5 : من 0.0625 إلى صفر.



شكل 4-15. شكل الترميز لإشارات صوتية مضغوطة بطريقة NICAM

إن مجال الترميز الواجب استخدامه لكل كتلة يحدد كلمة عامل التدريج Scale factor word المؤلفة من ثلاث خانات. إذا كانت كتلة العينات في مجال الترميز 1 فعندئذ، تسقط الخانات الأربع ذات الوزن الأقل من كل عينة. وإذا كانت كتلة العينات في مجال الترميز 2 تسقط الخانات ذات الوزن الأقل والتي تلي الخانة ذات الوزن الأعلى.

يتم ارسال نظام NICAM على شكل سيل من الخانات بإطار مؤلف من 728 خانة، ويلزم 1 ميلي ثانية لإرسال كل إطار. يجب الانتباه إلى أن كلمة إطار frame هنا تختلف عن إطار الصورة التلفزيونية وينبغي عدم الخلط بينهما. في هذا النظام يكون معدل تدفق المعطيات مساويا 728000 خانة/ثانية أي 728 كيلوخانة/ثانية.

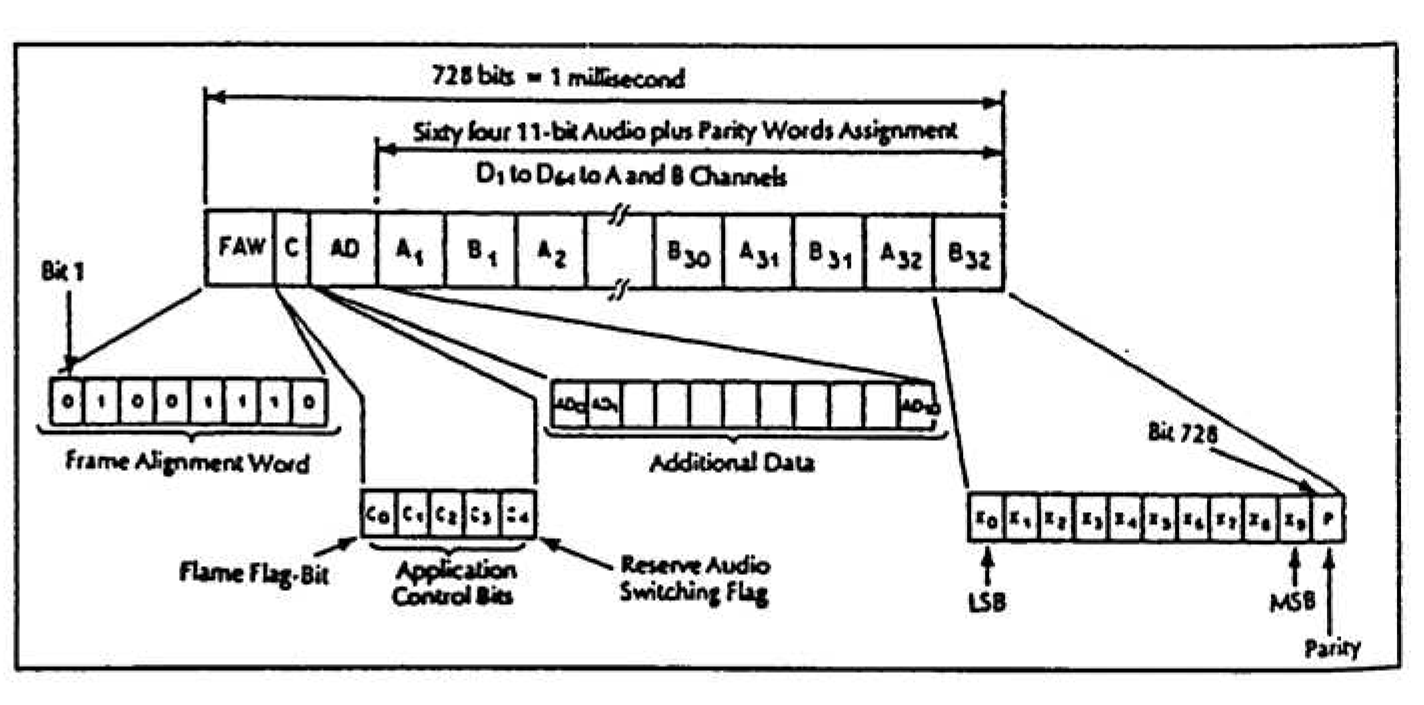
كلمة ضبط الإطار

هي كلمة مؤلفة من 8 خانات، 01001110، مرسلة مع بداية كل إطار. الغاية منها هي تمكين كاشف الترميز في نظام NICAM من ضبط تزامن الإطار. إذا اختلفت الخانات في هذه الكلمة، فإن كاشف الترميز يصبح غير قادر على تحقيق التزامن. ويمكن أن تشكل هذه الظاهرة طريقة معقدة في التشفير.

معلومات التحكم

ترسل معلومات التحكم بكلمة من 5 خانات. الخانة الأولى C0 هي خانة عَلَم الإطار وتساوي "1" منطقي من أجل الإطارات الثمانية الأولى و"0" منطقي للثمانية التالية. وتستخدم الخانات الثلاثة الأخرى C1,C2,C3 للإشارة إلى التطبيق ويطلق عليهم تسمية خانات التحكم بالتطبيق. يستفاد من خانةC3 للدلالة على الحاجة لمعالجة إضافية للصوت أو المعطيات. لذلك يمكن استخدامها للتحكم بدارة كشف التعمية decryption. فإذا كانت هذه الخانة بحالة "1" منطقي، فعندئذ يقوم كاشف التعمية بقفل خرج الصوت.

إن بنية معطيات التطبيقات هي كما في القائمة التالية. وتستخدم الخانة الخامسة كعلم إغلاق احتياطي للصوت.



شكل 5-15 بنية إشارة ستيريو في نظام 728 NICAM. هذا الشكل يوضح مركبات إطار مؤلف من 728 خانة تحتوي إشارة ستيريو NICAM.

خانات معطيات إضافية

يوجد أحد عشر خانة إضافية للمعطيات، ولكن استخدام هذه الخانات لم يتم تحديدها بصورة نظامية. ويمكن الاعتماد عيها لتعريف المهام، إذ نستطيع هنا إدخال رمز تعريف لمهمة معينة وهذا يعني بأن نظام NICAM يمكن استخدامه للتحكم بالعنونة الثانوية للنص المرئي.

إن طريقة التعديل المستخدمة للارسال الأرضي لنظام NICAM هي انحراف الطور التربيعي المرمز تفاضلياً DQPSK ويعتبر هذا التعديل متطوراً إلى حد ما إذ أنه يقلل من عرض الحزمة المطلوبة لارسال المعطيات.وحالات الراحة لحامل الطور تتباعد بزاوية 90 درجة ويبقى حامل الطور في واحدة من حالات الراحة حتى يؤدي زوج من الخانات إلى تغيُّر حالته وينتج عن ذلك تغيّر في الطور بمقدار محدد مسبقاً.

في الحالة التي يكون فيها الحامل في الوضع المستقر 1، يؤدي زوج الخانات 10 إلى تغير في الصفحة بمقدار 270- درجة ويضع طور الحامل في الحالة المستقرة 4. وبتطبيق زوج خانات لاحق 11، يحصل انزياح في الصفحة بمقدار 180 درجة ويستقر في الحالة 2.وكذلك عندما يطبق زوج خانات 01، فينتج انزياح في الطور بمقدار 90- درجة وحالة مستقرة 3. وعلى عكس الاتجاه العام، فإن الانزياح السالب يكون مع دوران عقارب الساعة.

إن التعديل واضح ولا يحيط به غموض. فكل زوج خانة يمكن دائماً كشفه من مقارنة الطور الحالي للحامل مع حالة الطور السابقة مباشرةً.

قبل تحويل الإطار المكون من 728 خانة إلى أزواج من الخانات، تجرى عملية تعمية على تدفق المعطيات وذلك للتأكد من أن المعطيات تبدو كالضجيج وتسبب حداً أدنى من التداخلات مع إشارة الفيديو أو مع حامل الصوت. وهناك مولد تتابعي شبه عشوائي (PRSG) Pseudo Random يُعطي خرج يتم إدخاله مع المعطيات إلى دارة EXOR. هذا المولد مشكل من تسع مراحل وتكون كلمة البدء 111111111 ولا تتم التعمية على كلمة ضبط الإطار، إن الخانة الأولى التي تخضع للتعمية هي الخانة التي تلي مباشرةً كلمة ضبط الإطار Frame Alignment Word (FAW) وآخر خانة تجرى عليها التعمية هي التي تسبق مباشرةً كلمة الضبط التالية. ويجب أن تزال التعمية للإطار في المستقبل قبل التقسيم في دارة multiplexer.

بما أن المعلومات تكون بشكل رقمي، فإنه من السهل تشفيرها. والطريقة البسيطة هي بتشفير كلمة ضبط الإطار FAW. وبذلك لا يستطيع كاشف التعمية NICAM القفل عند الإطار. وتدخل الإشارة الرقمية NICAM مع مولد PRSG لسيل من الخانات إلى دارة EXOR وذلك بهدف التقليل من الضجيج. وهذا المولد إشارة بدء ثابتة وإذا استخدمت إشارة بدء متغيرة، فإنه يكفي نظام تشفير بسيط ليكون فعّالاً إذ يمكن أن يتم تخزين مفاتيح نظام التشفير في كاشف التعمية أو ترسل مع الخانات الغير مخصصة في إشارة NICAM .

ترميز NICAM لإشارات MAC

يمكن استخدام نظام NICAM أيضاً مع ارسال القمر الفضائي الذي يعمل بنظام MAC . ويكون معدل تدفق الخانات في هذه الحالة أعلى من ذلك المخصص للاستخدام الأرضي. ويمكن تحقيق معدل معطيات 1.2 ميغاخانة/ثانية بنظام D2-MAC ومع BSB's D-MAC يمكن الوصول إلى معدل معطيات 3 ميغاخانة/ثانية. هذه الزيادة يعود سببها إلى الطريقة المستخدمة لنقل المعطيات الرقمية محمولة على حامل منفصل في حين تكون المعطيات الرقمية في نظام MAC مغمورة في النبضات الحاوية على المعطيات والتي تسبق معطيات اللون.

يتكون الإطار المستعمل في تطبيقات النظام MAC من 751 خانة وتشغل المعطيات 720 خانة إضافة إلى رزمة تحتوي على مميز يدل على تعريف القنال التي ينتمي إليهاالإطار. يمكن استخدام الرزمة لارسال صوت ستيريو عالي الحساسية. وبما أن الخانات الست عشرة الأولى من المعطيات غير مستخدمة لذلك فالنظام متلائم مع NICAM728.

تعديل دلتا Delta المتلائم

تم تطوير نظام تعديل دلتا المتلائم (ADM) من قبل مخابر Dolby وتستخدم حالياً مع نظام B-MAC وهي مستعملة للإرسال الفضائي المباشر في استراليا عبر القمر AUSSAT. •

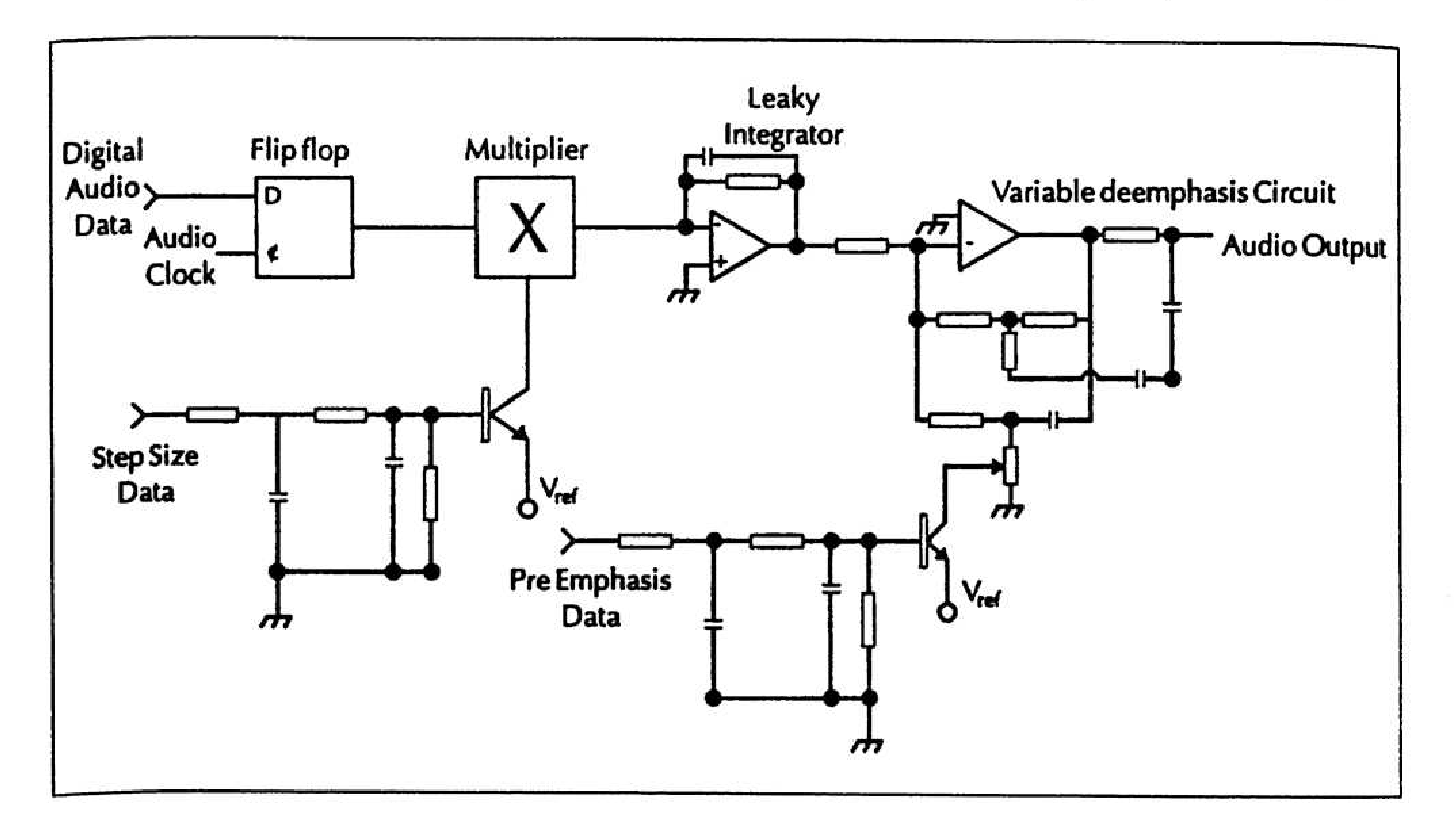
يستخدم الرمز اليوناني Δ أو كلمة دلتا في الرياضيات للدلالة على التغير. ففي نظام تعديل دلتا، تشير إحدى الخانات إلى اتجاه تغيير التعديل. فمثلاً، هل المطال يزداد أو ينقص وهذا يجعل من الأسهل أخذ عينات بتردد أعلى. تستخدم خطوة متغيرة ورفع ذروة متغير للتغلب على الحمل الزائد والذي يحصل في نظام تعديل دلتا عندما يتغير مطال إشارة الصوت بمقدار أكبر من خطوط التكميم. ومع استمرار قياس إشارة الصوت يمكن للمرمز اختيار أفضل قيمة للخطوة وأفضل أداء لرفع الذروة.

يستعمل نظام ADM لارسال الصوت الرقمي بمعدل من 200 إلى 300 كيلوخانة/ثانية. ويتم ارسال معطيات حجم الخطوة وبيانات رفع الذروة بمعدل أخفض وهذا يجعل من السهل تصنيع كاشف الترميز.

إن السبب الرئيسي لاستخدام رافع ذروة هو لجعل كمية الضجيج المرسلة عند أحد الترددات العالية في أدنى مستوى لها

ورفع الذروة يقلل من الضجيج الموجود في دارة الارسال والذي يؤدي إلى ضعف أداء النظام. وتجري عملية كشف الخطوة في المرمز بعد تطبيق رفع الذروة ويعتبر ذلك هاماً لأن المطال لبعض مركبات التردد في إشارة الصوت سوف يتغير بعد رفع الذروة. وإذا جرى كشف الخطوة قبل رفع الذروة، فإنها سوف تدفع المرمز للإشباع لدى تغير المطال أو حين تصبح الدلتا في بعض الحالات أكبر من الخطوة التي تم اختيارها.

إن عمل كاشف الترميز ADM يجري بشكل مباشر (انظر لشكل 15-6). إذ يتم ترشيح معطيات الخطوة الأخفض ومعطيات رفع الذروة من تدفق الخانات بواسطة مرشحات تمرير منخفضة. وتتحكم معطيات حجم الخطوة بالضارب وتتحكم معطيات رفع الذروة بالدارة المخصصة لخفض الذروة. ويُطبق خرج القلاب Flip-Flop على الضارب. بينما تستخدم معطيات الخطوة لتحديد عامل الضرب و يغذي خرج الضارب بعدئذ دارة مكامل Leading Integrater يكون بمثابة دارة الكترونية تعمل على تنعيم الخرج الحاد للضارب. ويؤخذ بعد ذلك خرج المكامل إلى دارة خفض ذروة، وتنتج إشارة صوتية يجري تكبيرها وايصالها إلى مخرج الصوت أو معدّل التنفاز.



شكل 15-6 كاشف ترميز ر ADM (Adaptive Delta Modulation Detector) مبسط. يستخدم كاشف الترميز المبسط ADM مرشحات تمرير منخفضة لفصل معطيات حجم الخطوة المنخفضة ومعطيات رفع الذروة من سيل خانات الصوت الرقمي. وهذه المعلومات تستخدم بعد ذلك للتحكم بدارة الضارب ودارة خفض الذروة..

يوجد كاشف الترميز ADM على شكل دارة متكاملة وشركة Signetics هي واحدة من الشركات التي تنتجها بالرمز NE5240 وهي ثنائية الأقنية الصوتية (ستريو). وإن استخدام هذه الدارة المتكاملة يتيح للمصمم أن يبني كاشف ترميز ADM بعدد قليل نسبياً من العناصر.

من السهل جداً تمويه هذا الشكل من الصوت الرقمي، وأبسط الطرق تقوم على تمويه عرض خطوة المعطيات. بالمقابل، فإن معطيات الصوت الرقمي يمكن تشفيرها عن طريق دارة EX-OR مع تتابع نبضات شبه عشوائية ثنائية pseudo random binary sequence.

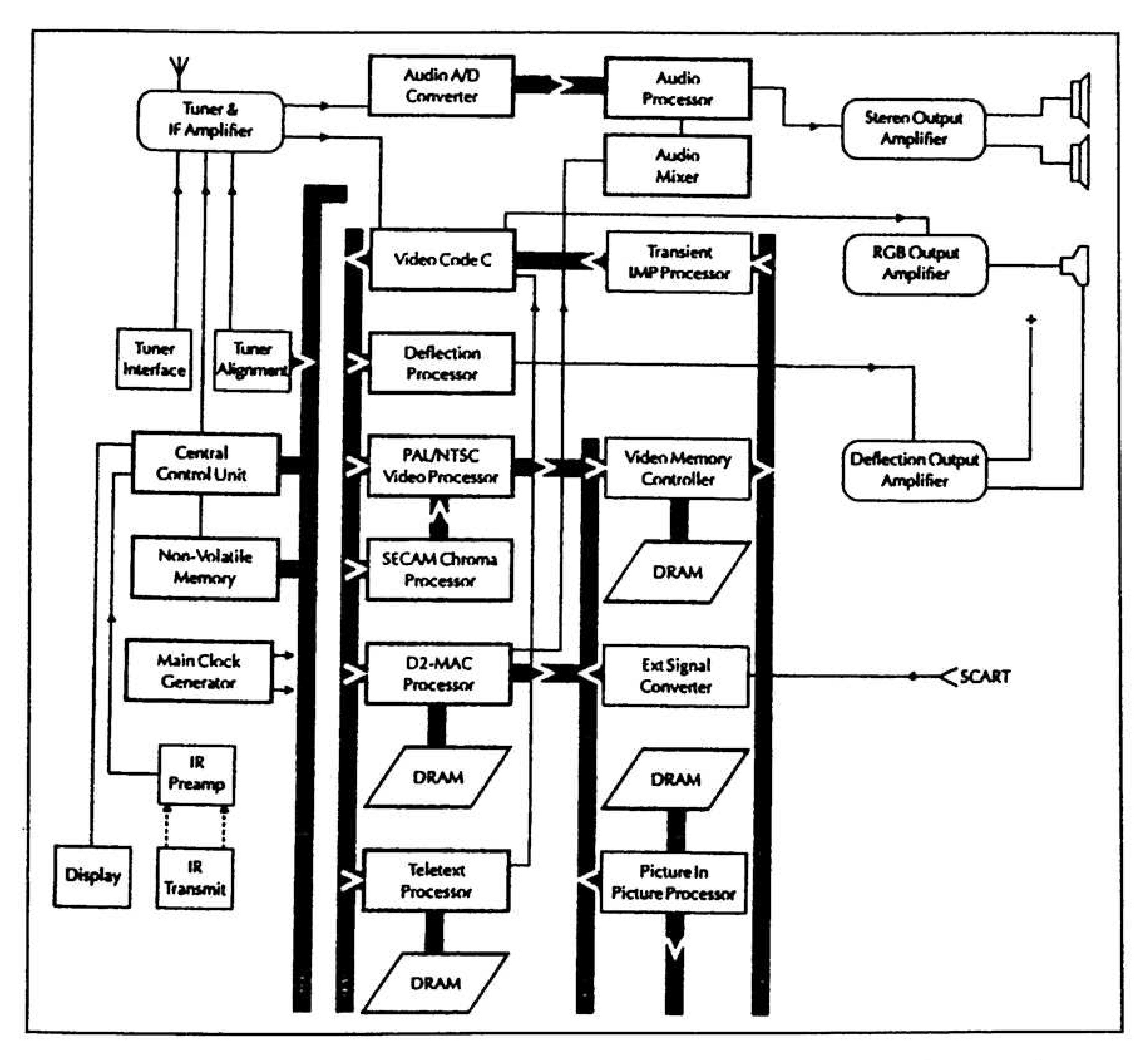
نظام الاستقبال التلفزيوني الرقمي Digit 2000

إن المستقبل التلفزيوني الرقمي Digit 2000 هو تطبيق تري للتقنيات الرقمية في الاستقبال (انظر الأشكال 15-7 و 15-8). وقد جرى تطويره في بداية الثمانينيات من قبل شركة ITT وأصبح الآن في موقع متميز بين أكثر المستقبلات التلفزيونية الحديثة. يمكن للنظام الرقمي Digit 2000 أن يتعامل بسهولة مع الصوت ثنائي الأقنية (ستيريو)، وكذلك التعامل مع

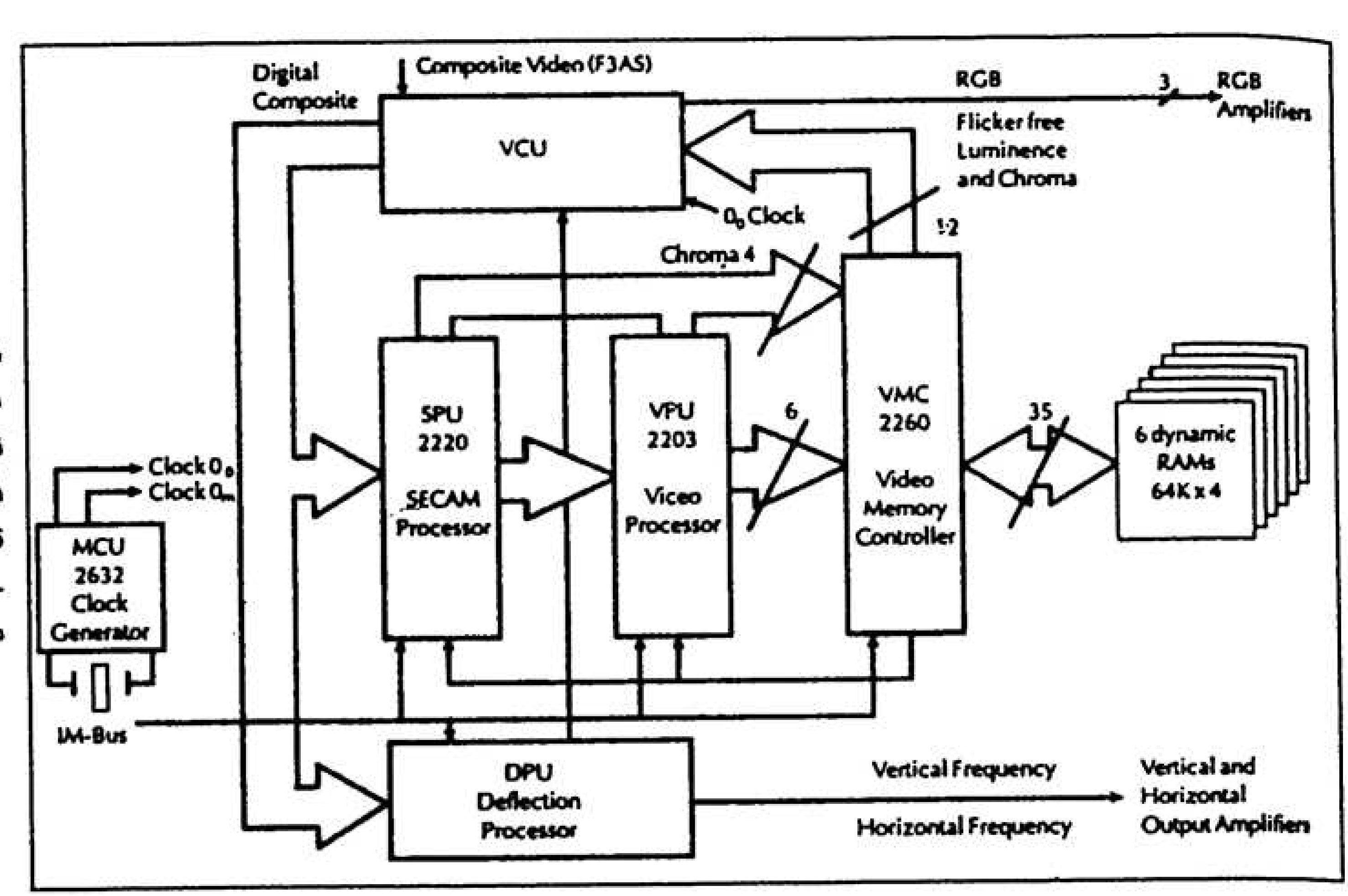
صوت أحادي أو ثنائي اللغة. ويستطيع أيضاً فك رموز أنظمة PAL.SECAM و NTSC ويستخدم كجزء رئيسي في بعض كواشف الترميز لنظام MAC الذي دخل السوق في أوربا.

يتم التحكم بعمل النظام بواسطة معالج صغري. وتسمح مجموعة الدارات المتكاملة الرقمية بتخزين الإطارات وصورة بعد صورة لإظهارها على الشاشة. وتتم برمجة جميع معطيات الضبط والتوليف في المصنع على ذاكرة PROM قابلة للمحي كهربائياً وهذا يجعل المنتجين لأجهزة التلفزيون التي تعتمد النظام الرقمي Digit 2000 يلائمون منتجاتهم مع المتطلبات الخاصة لجميع الأسواق. ويتم كشف ترميز إشارة اللون في إشارة الفيديو المركبة قبل التحويل إلى إشارة رقمية. لذلك فمن الممكن حقن إشارة أي نظام معين عند هذه النقطة. وهكذا أصبح ممكناً بناء مستقبل تلفزيوني يعمل مع الأنظمة MAC/SECAM/PAL.

تتحول إشارة الفيديو إلى شيفرة رقمية تعرف بشيفرة Gray وفيها تتحول حالة خانة واحدة فقط عند كل خطوة متتالية. هذه الخانة هي عموماً الخانة الأقل أهمية. ويهدف استخدام شيفرة Gray للتقليل من تأثيرات الضجيج في إشارة الفيديو التي تتحول رقمياً إلى صيغة YUV. تخرج إشارة الفيديو لكل خط على شكل عينات مؤلفة من 8Y و 4U و 4V وهذا يجعل في المحصلة عدد العينات بالخط الواحد 720 ، 180 ، 180 V.U.Y على الترتيب.



شكل 15-7 المخطط الصندوقي للمستقبل التلفزيوني الرقمي الملون من شركة ITT . تتضمن المعالجة الرقمية العديد من المزايا: (1) حذف ضجيج أكثر فاعلية، ثبوتية أعلى للصورة وفصل أفضل للون. (2) تثبيت أفضل للصورة وإمكانية نقلها عبر شبكات خطوط الهاتف. (3) إمكانية تراكب الصور وتقريب الصورة وتبعيدها(Zooming). (4) تخزين النصوص المرسلة عن بعد مع الوصول إليها آنياً. إن طبيعة الإرسال التلفزيوني التتابعي تسمح باستخدام عناصر أرخص ثمناً وأصغر حجماً من الذواكر RAMs غير أنها أقل سرعة.



شكل 15-8. دارة تحكم بذاكرة فيديو من شركة ITT ذات رقم تصنيف VMC2260. هذا العنصر يقود ذاكرة فيديو مؤلفة من خمس ذواكر 256 كيلو DRAMs وتكون الصورة خالية من الرجفان. لأن تردد الإطار مضاعف.

نص مرسل عن بعد teletext

أضحى إرسال نص عن بعد من الخدمات الشائعة التي تقدمها التلفزيونات الأوربية. فالمعلومات المنقولة عبر إشارة التلفزيون يمكن للمشاهد تحصيلها بضغطة مفتاح وغالباً مايكون بتحكم عن بعد.

في المواصفات FCC، يخصص السطر 21 لمن يعاني من نقص في السمع. وتؤمن الخدمات ذاتها محطات الارسال للتلفزة الأرضية في أوربا. ويمكن الوصول إليها عموماً باستدعاء الصفحة 888 من النص المرئي، وقد حجزت الخطوط 14،15،16،17،18 و20 في نظام الارسال NTSC لأجل تطبيقات النصوص المرئية. أن لكاشف الترميز للنص المرئي وظيفتان رئيسيتان. إذ ينبغي عليه قراءة المعطيات الرقمية في الإشارة التلفزيونية ومن ثم إظهار المعلومات على شاشة التلفزيون بطريقة مفهومة.

يتألف خط النص المرئي من صف من الأحرف. وفي النموذج الأوربي. هناك 40 حرفاً في الخط الواحد. وتحتل هذه الأحرف 40 ميكروثانية من مركز المنطقة الفعالة لإشارة الفيديو وهي بعرض 52 ميكروثانية لخط واحد من النص المرئي. وهذا يدع 6 ميكروثانية على كل جانب من كتلة الأحرف.

بما أن هناك 40 حرفاً تمر خلال 40 ميكروثانية، فإن كل حرف يحتل 1 ميكروثانية. وهذا يساوي معدل أحرف 1 ميغاهرتز. وتتشكل الأحرف من مصفوفة مؤلفة من 6 نقاط عرضية و 8 نقاط طولية وكل نقطة تسمى عنصورة pixel. لذلك يكون معدل البيكسل 6 ميغاهرتز.

يتم ارسال صفوف الأحرف من نص مرئي بشكل تتابعي. لذلك فإن الزمن اللازم لارسال وإظهار صفحة من نص يعتمد على عدد الخطوط المرسلة مع كل حقل للإشارة التلفزيونية. فالصفحة مؤلفة من 24 صف متتالي وتستخدم 240 خطاً من مركز الشاشة، وكل صف مشكل من 10 خطوط على شاشة التلفزيون ونتيجة ذلك، فإن الإظهار أقرب إلى شاشة الحاسوب الشخصي منه إلى صورة تلفزيونية. فتقنية الإظهار في الحاسوب هي ذات تكوين مماثل وهذا الشبه تم استثماره من قبل بعض الشركات الخدمية لنقل المعطيات.

يحتوي الصف الأول من كل صفحة على رقم الصفحة، الزمن الحقيقي والرمز المميز لقنال الإرسال. وهذا الخط الأول يسمى عموماً بالترويسة، تستعمل رموز ASCII من 32 وحتى 127 لترميز الأحرف. والقراء المتمرسين بالحواسب لن يجدوا صعوبة بالتعرف على رموز ASCII. وهذه لغة بثمانية خانات تمكن من نقل إشارات التحكم والأحرف الأبجدية وكذلك الاعداد والرموز بشكل رقمي. يستخدم الترميز بأرقام دون 32 عندما يتعلق الامر بإشارات التحكم والتوزيع وتلك رموز غير قابلة للطباعة بمعنى أنه لا يمكن إظهارها على الشاشة. إن تكوين الصف الأول والصفوف التي تليه لصفحة النص المرئي موضحة في الشكل 15-9 . الثمانية (البايت) الأولى والثانية من كل خط هما 10101010 وهذا الشكل معروف باسم Clock Run In (CRI) . وتلك الثمانيات ذات التردد 6.9375 ميغاهرتز تقوم بتأمين التزامن بين عداد توقيت النظام مع معدل تدفق المعطيات وهذا التزامن هام جداً لعمل النظام.

تشكل الثمانية الثالثة رمز الإطار وهي 11100100. والغاية من هذه الرسالة هي السماح لكاشف الترميز بالتمييز بين بداية ونهاية كل ثمانية من ثمانياتِ المعطيات.

تؤلف الثمانيات الرابعة والخامسة رموز العنوان للصفوف وللمجلة الدورية magazine وتستخدم هذه الرموز للتأكد من أن صفوف كل صفحة من النص قد تم إظهارها بالترتيب الصحيح على شاشة التلفزيون.

تحمل الثمانية السادسة رقم الصفحة عندما تكون الأولى فقط ومن ثم تحمل معلومات الإظهار في الخطوط الأخرى.

هناك نموذج مبسط مستخدم هنا كمثال لشرح عمل فاك ترميز لنص مرئي من شركة Mullard (انظر الشكل 15-10) وهو يعتمد على أربع دارات متكاملة خاصة بالنص المرئي ويتطلب بعض الدارات المتكاملة الأخرى لأغراض تتعلق بالذاكرة. وفيما يلي شرح موجز لعمل كل من الدارات المتكاملة.

معالج دخل الفيديو SAA5030 (VIP)

يحتوي VIP على دارات تكييف المعطيات، مولد نبضات الساعة للنقاط المضيئة Pixel، وكشف تزامن الخطوط والحقول للصورة وكذلك مولد ساعة تردد الخانة 6.9375 ميغاهرتز.

إن دارة تكييف المعطيات هي عبارة عن وسيلة ملاءمة تسمح بتحسين الوضع عند استقبال إشارات تحتوي على ضجيج وهذه تقنية مشابهة للتحديد في التعديل الترددي FM. إنها تستخدم التقويم لضبط مستوى التقطيع لكل قطبية عند منتصف الارتفاع للقطبية المعاكسة وبذلك يمكن أن تتغلب على إشارات الضجيج بشكل أفضل من محدد عادي قاسي التحديد.

إن المعطيات التي تم تحديدها تغذي دارة التحكم واكتساب النص المتكاملة SAA5040 (TAC) acquisition and control وهذه تغذي أيضاً مولد نبضات الساعة للخانة الذي يستخدم شبكة منفصلة من الملفات والمكثفات والمقاومات.

وتستعمل المعطيات التي تم تحديدها لتوليد خانة الساعة التي تتكون أساساً من دارة ذات عامل جودة عالي مؤلفة من شبكة LCR إضافة إلى مكبر، ويعمل تردد الطنين لدارة LC على توليد سلسلة من الاهتزازات المتخامدة حتى وصول النبضة التالية من نبضات الساعة.

Display Data 40 Bytes

Magazine and Row Address 2 Bytes

Framing Code 11100100 1 Byte

Clock Run In 2 Bytes

Display 32 Bytes

Control Group 2 Bytes

Time 4 Bytes

Page Number 2 Bytes

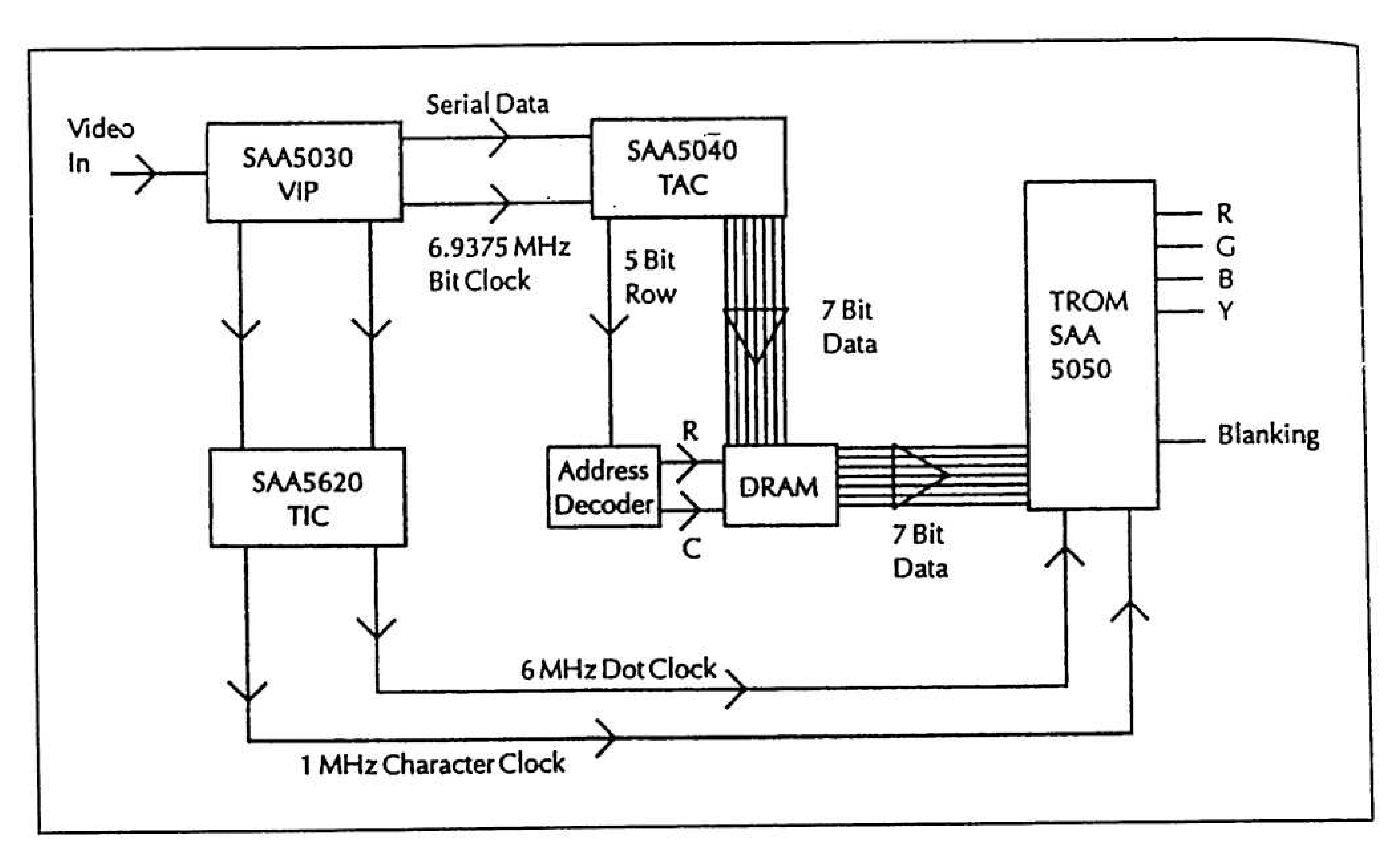
Magazine and Row Address 2 Bytes

Framing Code 11100100 1 Byte

Clock Run In 2 Bytes

شكل 15-9. مكونات الخط الأول وخطوط الإظهار الأخرى لنص مرئي. تستعمل الثمانيات الأولى والثانية من الخطوط للقفل على الساعة. وتسمح الثمانية الثالثة لكاشف التعديل بالتمييز بين بداية ونهاية الثمانيات لبقية المعطيات.

إن دارات كشف التزامن أساسية لعمل كاشف الترميز في النص المرئي. ويستخدم تزامن الحقل لإعادة إقلاع الدارات المتكاملة الأخرى في كاشف الترميز وكذلك يستخدم التزامن الأفقي لقفل مولد نبضات الساعة للتردد 6 ميغاهرتز للنقاط المضيئة. ويوجد في هذه الدارة هزاز كريستالي يتحكم به ديود ذو مكثف متغير varicap في حلقة القفل الطوري PLL بحيث يبقى قابضاً على إشارة الفيديو. هذه الخانة تسمح بإظهار معلومات النص المرئي على شاشة المستقبل التلفزيوني.



شكل 15-10. كاشف ترميز للنص المرئي من شركة Mullard. يوضح المخطط الصندوقي، المكونات الأساسية لأي كاشف ترميز لنص مرئي وهو يعتمد على أربع دارات متكاملة لتأمين الوظائف الهامة وهذه الدارات هي: TROM,TAC,VIP و TIC. إن البساطة النسبية تسمح ببيعه بسعر منخفض أقل من 50 جنيه استرليني عموماً.

دارة تحكم باكتساب النص SAA5040 (TAC)

هي دارة متكاملة رقمية تجمع وظائف نحو ثلاثين دارة منطقية متكاملة في دارة واحدة. تحتوي هذه الدارة على كاشف ترميز للإطار يسمح بتجزئة صحيحة لمعطيات للنص المرئي وتحويلها إلى ثمانيات (بايت). وتفحص هذه الثمانيات لزيادة الدقة من خلال نظامي فحص، الأول للمشابهة parity والثاني يسمى Hamming. وهذا النظام الأخير يستخدم لفحص دقة معطيات الخطوط، بينما نظام المشابهة هو لكشف الأخطاء وفحص معطيات الإظهار ولا يمكنه تصحيح الأخطاء المكتشفة. في حين يستطيع نظام Hamming أن يقوم بذلك وغالباً ما يتم الجمع بين النظامين لتحسين دقة الإشارات ذات التصحيح المرتفع. إن نظام Hamming هو الأكثر فعالية لكشف وتصحيح الأخطاء لذلك فهو المستخدم من أجل المعطيات الأكثر قابلية للخطأ وهي معطيات الصفوف، إذ أنه عند حدوث خطأ في هذه المعطيات تصبح معطيات الصورة غير صحيحة ويمكن أن ينجم فقدان لبعض الخطوط. إن معطيات الإظهار هي أقل أهمية لأن الخطأ هنا يؤثر فقط على حرف بعينه وليس على خط بأكمله.

في نظام Hamming هناك أربع خانات مخصصة للمشابهة من أصل ثمانية هي والخانات الأربعة المتبقية من أجل المعطيات وبذلك تنفذ أربع عمليات جمع على كل ثمانية byte. وعمليات الجمع هذه تصيب خانة معطيات واحدة وخانة مشابهة واحدة. على إشارة نظيفة، تكون نتيجة الجمع مفردة، إذا كان الخرج مزدوجاً فإن خانة المعطيات ذات الصلة يتم قلبها لتصحيح الخطأ ويرفض النظام الثمانية كاملة إذا كان هناك أكثر من خانة تفشل في الاختبار.

يستعمل فحص المشابهة الخانة الثامنة في كل ثمانية لتحديد فيما إذا كان عدد الخانات العليا في كل منها زوجياً أو فردياً وهذا الأختبار يسمى المشابهة المفردة odd parity إذا كان العدد مزدوج تكون الثمانية مشتبه بها.

إن مخارج التحكم لتحصيل النص TAC هي عبارة عن 7 خانات معطيات للنص و5 خانات معطيات لعنونة الصفوف. والدارات المتكاملة المستخدمة كذواكر هي من نوع DRAM حيث تخزن المعلومات في هذه الدارات على صفوف باعتماد العنونة العمودية ويتم تحويل معطيات عنونة الصفوف إلى شكل مصفوفة بواسطة عدد من الدارات المتكاملة من تقنية TTL.

دارة التوقيت الزمني SAA5020

هذه الدارة هي دارة متكاملة رقمية تولد الأزمنة لعمليات النص المرئي، وهي تعتمد على عداد الساعة ذو التردد 6 ميغاهرتز لنقاط المضيئة pixels و تولد أيضاً إشارات التحكم لذاكرة ROM للنص المرئي بتردد 6 ميغاهرتز و1 ميغاهرتز وكذلك نبضة الإطفاء الأفقية وذلك بالمقارنة مع فصل التزامن في دارة حلقة قفل الطور PLL عند دخل معالج الإشارة الفيديوية.

ذاكرة ROM لنقل النص SAA5050:

تقوم هذه الذاكرة المخصصة للقراءة فقط بتغيير رموز ASCII إلى شبكة نقاط مضيئة pixels قابلة للإظهار على شاشة تلفزيونية. كل نقطة معرّفة بألوانها وهي نسبة الأحمر، الأخضر والأزرق وكذلك اللمعان brightness.

تتم قراءة رموز ASCII من ذاكرة DRAM وتستعمل هذه الرموز لعنونة الذاكرة ROM في الدارة المتكاملة TROM. تقوم ذاكرة ROM بتحويل شيفرة الـ ASCII إلى مجموعة من العنصورات Pixels إذا كان الحرف قابل للطباعة، وتتم عملية تنعيم المعطيات من الذاكرة ROM في دارة خاصة لتوليد الأحرف وينجم عن ذلك صورة أكثر وضوحاً على الشاشة. وهناك مسجل إزاحة في الخرج يقوم بعدئذ بتحويل معطيات الحروف من الشكل المتوازي إلى شكل تسلسلي قابل للإظهار. إن خرج هذا المحول يحتوي إشارات الألوان إضافة إلى إشارات الإطفاء.

عمل فاك الترميز Decoder

حالما يتم فهم وظائف الدارات المتكاملة ذات الصلة، يبدأ عمل فاك الترميز. وتفصل دارة المعالج لدخل الفيديو معطيات النص المرئي التسلسلية من إشارة التلفزيون الواردة، ومن ثم تعالج المعطيات التسلسلية للنص المرئي في الدارة المتكاملة المخصصة للتحكم وتحصيل النص وتقوم الدارة VIP بتأمين إشارة توقيت الخانة 6.9375 ميغاهرتز وإشارة الساعة للنقاط المضيئة 6 ميغاهرتز.

تولد الدارة TIC إشارات الزمن الضرورية لعمل فاك الترميز. وتشكل دارة VIP منبع ترددات التحكم للدارة TIC وإشارات التحكم هذه هي تزامن الخطوط، تزامن الإطار وتردد الساعة للنقاط المرئية 6ميغاهرتز.

تتحكم الدارة TAC بعنونة الذاكرة وعمليات تخزين المعطيات، فهي تختار عنوان الذاكرة لتخزين معلومات النص المرئي، ويظهر عنوان الذاكرة عند خرج دارة TAC على شكل خط لنص مرئي. وهناك دارة رقمية تعرف بفاك ترميز خط/عمود تقوم بفك الترميز لمعطيات النص الواردة على شكل خطوط وتحويلها إلى عناوين لخطوط وأعمدة قادرة على التحكم بالذاكرة الديناميكية DRAM المستخدمة لتخزين معطيات النص.

تحول الدارة TROM معطيات النص المرئي إلى شكل قابل للإظهار على الشاشة. وهي تحتوي على ROM ومولد أحرف ومحول تفرعي تسلسلي P/S وتكون مخارج TROM عبارة عن إشارات الألوان RGB إضافة إلى الإشارة Y وإشارات الإطفاء حيث تعمل إشارة الإطفاء على التحكم بطريقة إظهار النص على الشاشة.

هناك طريقتان لإظهار النص المرئي: الطريقة التركيبية، حيث يظهر النص فوق الصورة. وطريقة النص المرئي بمفرده. في الطريقة الأولى يمكن رؤية الصورة الخلفية وتستخدم لإظهار معلومات مثل موجز الأخبار ونتائج السباق. في حين لا توجد صورة خلفية في الحالة الثانية وتظهر فقط معلومات النص المرئي مثل معلومات الأسعار وإعلانات رسمية. إن معظم خدمات النص المرئي تتضمن ملخص عن الخدمات المتاحة وما يمكن أن تحتويه صفحة واحدة وهذه الخدمات تعود إلى الشعبة التجارية للمحطة التلفزيونية حيث يستفاد من الوقت الضائع أثناء فحص البرامج ولا تترك الشاشة سوداء عاتمة.

ارسال معطيات النص المرئي

ارسال المعطيات هو استخدام الخطوط في فترات الإطفاء العمودية لارسال المعطيات لأغراض تجارية. والمشاهد العادي لا يلاحظ عادةً وجود هذه الخدمة.

إن خدمة ارسال المعطيات تقدمها شركة البث التلفزيوني البريطانية. وإن التجهيزات الأولى المصممة لتقديم خدمات تجارية دخلت العمل في 10 آذار 1986 وذلك في مركز التلفزيون البريطاني BBC.

في المواصفات الأساسية للنص المرئي، كانت خطوط المعطيات ذات العناوين للخطوط من 24 وحتى 31 مهملة من كاشف الترميز العادي وقد تغير ذلك فيما بعد وأصبحت عناوين الخطوط 24 و 25 محجوزة للاستخدام مع صفحة النص المرئي.

يختلف خط إرسال المعطيات من حيث البنية عن خط النص المرئي العادي. وهو يختلف عنه من حيث أن المعلومات

يمكن تفسيرها دون الرجوع إلى خط آخر، في حيث يأتي النص المرئي العـادي على شكل صفحة. إن الجزء الأساسي لخط المعطيات يشبه خط النص المرئي العادي وفيما يلي ذلك فهو مختلف (انظر الشكل 15-11).

Cyclic Redundancy Check 2 Bytes
28 to 35 Bytes of User Data
Data Length 1 Byte
Packet Continuity Indicator 1 Byte
Packet Repeat Indicator 1 Byte
Packet Address Up to 6 Bytes
Packet Address Length 1 Byte
Format type 1 Byte
1111
Data Channel Group
Magazine and
Row Address
Framing Code 1110 0100 1 Byte
Clock Run In 2 Bytes

شكل 15-11. بنية خط إرسال المعطيات. وهو يختلف عن خط النص المرئي لا يتعلق بالصفحة بل هو مجرد تغيير معطيات يتم ارسالها إلى كاشف الترميز للمستقبل. ويمكن توليد الصورة الخلفية على الشاشة بواسطة برنامج حاسوبي في كاشف الترميز وهذا العامل يزيد من سرية النظام.

مع تدفق نبضات السـاعة، ولجعـل استخدام دارات نقـل النص المرئي القياسية ممكناً في كواشف الترميز للمعطيات، فـإن ترميز التأطير framing هـو نفسـه بالنسبة لمعـاملات نقـل الخـط العادي. كذلك الثمانيـات الثالثـة والرابعـة المستعملة للتخزيـن ولعناوين الصفوف في النص العادي تستخدم هنا للتعرف علـى حزمـة معطيـات حزمـة الأقنيـة والتعرف أيضاً على الخطـوط المستقلة. فالثمانية الثالثة تبين أصل خـط نقـل المعطيـات، بينمـا تـدل الثمانيـة الرابعـة على استقلالية الخط مـن خـلال نقـل المعطيـات 1111. وإن خانـات المعطيـات مرمـزة حسـب نظام Hamming لتشكيل الثمانيات.

ثمانية شكل الإطار(الثمانية 5)

الثمانية الخامسة تتعلق بمعلومات التحكم بالإطـار، حيـث يوجد أربع خانـات مخصصـة للمعطيـات والبـاقي هـي خانـات ترميز نظام Hamming. فالخانة الأولى تكون صفراً إذا كان الخط عبارة عن معطيات مرئية، والخانـة الثانيـة هـي في حالـة واحـد منطقي إذا كانت الثمانية الـتي تشـير إلى تكـرار الرزمـة Packet سوف تستخدم لاحقاً. الخانة الثالثة هي في حالة واحد منطقـي أيضاً إذا كانت الثمانية التي تشير إلى اسـتمرارية الرزمـة سـوف يكون لها استخدام لاحق، بينما تكـون الخانـة الرابعـة في حالـة واحد منطقي إذا كانت الثمانية التي تدل علـى طـول المعطيـات مستخدمة لاحقاً أيضاً.

ثمانية طول عنوان الرزمة (الثمانية 6)

تدل الخانات الثلاثـة الأولى مـن معطيـات هـذه الثمانيـة على عدد ثمانيات العناوين اللاحقة المتعلقة بعنونة الحزمة. ومـن جديـد، يستخدم نظـام Hamming للـترميز مـن أجـل تصحيـح الأخطاء.

ثمانيات عنوان الرزمة (الثمانيات 7,8,9,10,11,12)

هـذه الثمانيـات تحـدد عنـوان الرزمـة وهـي محميـة بنظـام Hamming لذلك فإن عرض العنوان الأعظمي يكون 24 خانة.

الدالة على تكرارية الرزمة (الثمانية 13)

توجد هذه الثمانية فقط إذا كانت خانة PRI في وضع واحـد منطقي في ثمانية شكل الإطار والغاية الأساسـية منهـا هـي السـماح بإرسال معلومات الرزمة كل ساعة أو كـل يـوم. والخانـة الأخـيرة هي في حالة صفر منطقي إذا لم توجد رزم أخرى للارسال.

الدلالة على استمرارية الرزمة (الثمانية 14)

توجد هذه الثمانية أيضاً إذا كانت خانة PRI في وضع واحد منطقي في ثمانية شكل الإطار. وتتكون من ثمانية خانات، ولا تتغير إذا كانت نفس الرزمة تتكرر، بينما تزداد عند استقبال رزمة جديدة.

ثمانية طول المعطيات (الثمانية 15)

توجد هذه الثمانية فقط إذا كانت الخانة DL في وضع واحد منطقي في ثمانية شكل الإطار. والخانات الستة الأولى تحدد عدد الخانات التالية المخصصة للمعطيات والتي يستطيع المستثمر التعامل معها. والاستخدام الرئيسي لهذه الثمانية هو الاقتصاد في الارسال، حيث لا حاجة لملء الرزمة بشكل كامل لدى ارسالها.

ثمانيات معطيات المستثمر (المستخدم) User Data Bytes

هناك من 28 وحتى 35 ثمانية معطيات في كل رزمة. وهذه المعلومة يمكن تشفيرها لأغراض أمنية وذلك من جراء التطبيقات المتعددة لارسال المعلومات. ويمكن استخدام ضغط المعطيات.

كشف الاخطاء

تستخدم آخر ثمانيتين في كل رزمة من أجل التفتيش الدوري عن الأخطاء. هذه طريقة جيدة لكشف العيوب أثناء ارسال المعطيات.

أمن نظام ارسال المعطيات

إن نظام ارسال المعطيات هو نظام ذو انتشار محدود. وإن السبب الرئيسي لعدم انتشاره حتى الآن هو طبيعة المعلومات المنقولة، فهي محمولة في إطار غير قياسي. وإن انتشار النظام يحصل عموماً عندما ترصد اعتمادات مالية مناسبة.

إن تقنية ارسال المعطيات هي في الأساس ارسال نصوص، لذلك فإن دارات ارسال النصوص الحالية يمكن الاستفادة منها لارسال المعطيات وإن BBC البريطانية هي التي ساهمت في تطوير النظام من خلال استخدام حاسوب صغري مع مستقبل نصوص ملائم، وإن قسم التصميم والتجهيزات في الهيئة البريطانية قد طور تصميماً لنقل المعطيات ويمكن للمصنعين أن يقوموا بإنتاجه بترخيص منها.

16

ضغط إشارة الفيديو الرقمية

Digital Video Compression Overview

إن الإنجازات الكبيرة التي تحققت في نطاق وصول البرامج التلفزيونية التي تنقل عبر الأقمار الصنعية إلى المنازل قد تمت بفضل تقنية ضغط الإشارة الرقمية، حيث تبث البرامج التلفزيونية على شكل إطار مختزل يجعل عرض حزمة الترددات صغيراً جداً دون أن يؤثر ذلك على جودة الصوت والصورة المستقبلة. وكان لإدخال هذه التقنية دوراً هاماً في خفض كلفة التشغيل للتلفزيون الفضائي بصورة ملموسة، مما أدى إلى انتشار واسع في أعداد المحطات الفضائية التي تغطي مختلف الأنشطة الثقافية من أخبار ورياضة، وأفلام سينمائية وبرامج تعليمية، إضافة إلى برامج خاصة تهدف إلى الوصول إلى فئة معينة من المشاهدين.

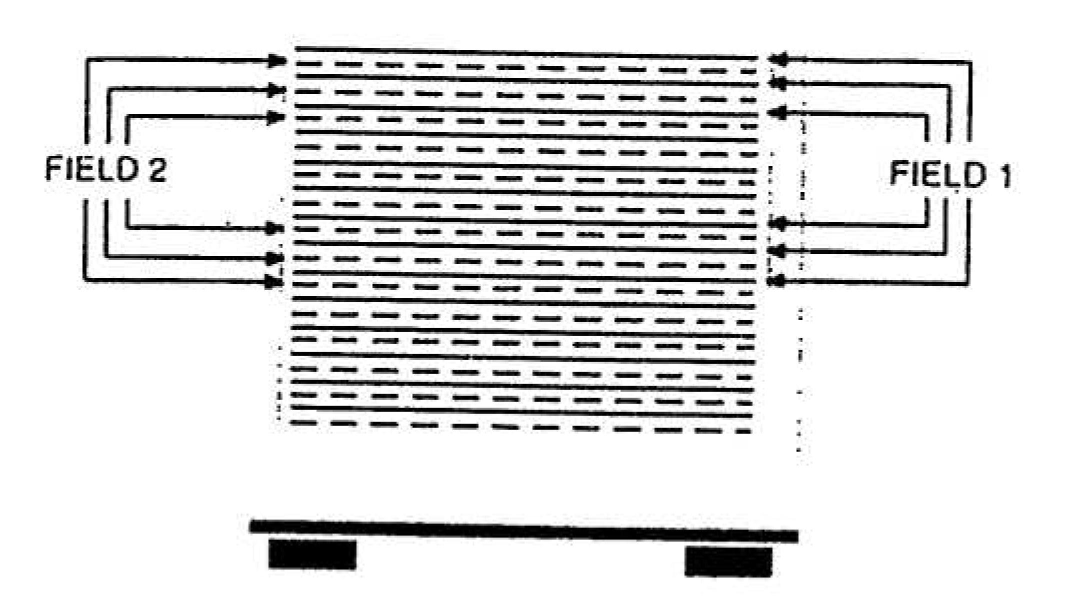
تستخدم الحواسيب الشخصية تقنية الضغط الرقمي لخفض كمية تخزين المعطيات وبذلك يتم توفير ملفات Files الحاسوب، كذلك في العقد الأخير، استخدم الضغط الرقمي في المقاسم الهاتفية لخفض حزمة التمرير وبالتالي كلفة إنشاء خط هاتفي وقام مهندسو الاتصالات أيضاً بتطوير دارات متكاملة وبرامج عالية المستوى تمكن من ضغط الإشارات المنقولة بما في ذلك الإشارة الفيديوية.

من التلفزيوني التشابهي إلى الرقمي

تتألف الإشارات الراديوية و التلفزيونية من أمواج كهرطيسية يتغير ترددها وشدتها بصورة مستمرة، وهي إشارات تشابهية تمثل المجال العريض من التبدلات التي تحدث على الإشارة أثناء الإرسال.

في أنظمة الاتصالات الرقمية، يتم تحويل المعلومات المرئية والسمعية إلى سيل من الأرقام الثنائية أو الخانات، وهذه مجموعة من الأصفار والواحدات التي تمثل حالات منطقية لدارات الحواسيب، ويستطيع نظام الاستقبال أن يحوّل رموز الكلمات المستخدمة إلى معلومات، وهناك معايير رقمية مستخدمة في العالم مثل ASCII للنصوص و GIFF للرسوم. هذه المعايير تحول المعلومات إلى سلاسل رقمية تستوعبها جميع أنظمة الاستقبال الإلكترونية.

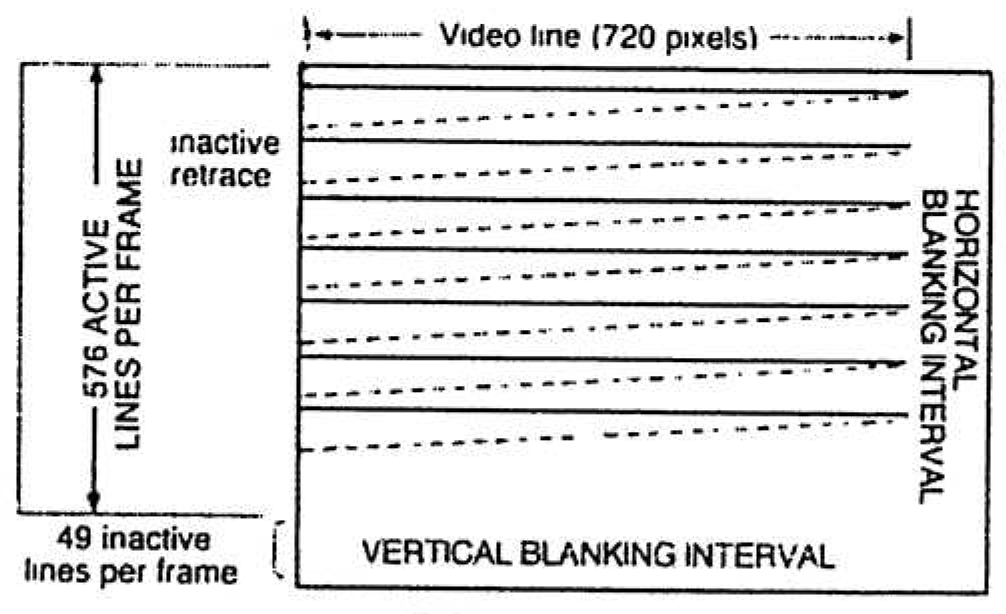
لإدراك طريقة ضغط معلومات الفيديو الرقمية، ينبغي أولاً معرفة العناصر الأساسية لتقنية التلفزيون التشابهي، فإشارة الفيديو في أنظمة PAL و SECAM تحتوي 625 خطاً في كل إطار، وتتكرر بمعدل 25 إطاراً في الثانية. ويتألف الإطار الواحد من حقلين متشابكين، يتكون كل منهما من 312.5 خطاً، حيث يظهر الحقل الأول الخطوط المفردة و الحقل الثاني الخطوط المزدوجة (الشكل 16-1). يحدث المسح بصورة متشابكة للحقلين بسرعة كبيرة بحيث لا تدرك العين انفصالهما بل ترى صورة كاملة أو " إطار " واحد.



شكل 16-1 يتكون الإطار في نظام PAL، من حقلين متشابكين، يحتوي كل منهما على 312.5 خطاً. وهما يتناوبان بمعدل 50 مرة بالثانية او 50 هرتز.

لا تظهر جميع الخطوط المرسلة فعلياً في كل إطار على الشاشة، ففي نظام PAL، هناك 576 خطاً فعالاً فقط من مجموع 625، وكذلك في نظام NTSC، يوجد 488 خطاً فعالاً من أصل 525خطاً.

يحتوي صمام الأشعة المهبطية المستخدم لإظهار الصورة التلفزيونية، على مدفع إلكتروني يشع باتجاه الطبقة الفوسفورية التي تغطي الوجه الداخلي للشاشة. وعندما تصل الالكترونات إلى نهاية أحد خطوط الفيديو، تقدح نبضات تزامن بحيث توقف سيل الالكترونات و تسمح لها بالحركة من يمين الشاشة إلى يسارها لتبدأ بمسح خط فعال آخر، وتسمى الفترة التي يتم خلالها إيقاف المدفع الالكتروني عند نهاية كل خط بفترة الإطفاء الأفقي (شكل 2-2).



شكل 16-2 خلال فترة الإطفاء يتوقف المدفع الالكتروني بحيث تتحرك الحزمة الإلكترونية عبر الشاشة لتبدأ بمسح الخط التالي.

عند نهاية الحقل، تصل الحزمة الإلكترونية إلى الخط الأخير من الجزء الفعال لإشارة الفيديو، وهنا ينبغي حجبها من جديد بحيث تتحرك من أسفل يمين شاشة التلفزيون. لأعلى يسارها لتبدأ برسم الخط الأول من الحقل التالي على شاشة التلفزيون. وتسمى هذه الفترة بفترة الإطفاء الشاقولي.

تستخدم فترات الإطفاء الأفقي و الشاقولي في إرسال معطيات لا علاقة لها بمعلومات الصورة التلفزيونية، فمثلاً تبث نصوص مرئية، أو إشارات اختبار أو معلومات أخرى.

ويتكون الخط الفيديوي الواحد في نظام PAL أو SECAM القياسي والتشابهي من 720 نقطة مضيئة أو pixels، وهناك 576 خطاً فعالاً في إطار واحد من نظام PAL، وبذلك يوجد 720 × 576 أو 414.720 pixels في الإطار الواحد، وبما أنه يوجد في نظام PAL 25 إطاراً في الثانية، لهذا ترسل 10.368.000 نقطة إلى شاشة التلفزيون خلال الثانية الواحدة.

معدل الخانات Bit Rates

تسمى كمية المعلومات المرسلة في كل ثانية بمعدل المعطيات، ويعبر عنها بخانة / ثانية (b/s)، وهناك المضاعفات كيلو خانة Kb/s و ميغاخانة Mb/s و أيضاً جيغا خانة Gb/s في كل ثانية.

إن 200 Mb/s، هو ما يلزم لتحويل إشارة تلفزيونية إلى إشارة رقمية وذلك لإرسالها واستقبالها دون تشويه، وهذا يتطلب استخدام العديد من المجيبات transponders الفضائية لتأمين نقل إشارة فيديوية رقمية غير مضغوطة. لذلك فمن المهم أن يتم ضغط الإشارة لخفض عدد الخانات بصورة ملحوظة.

فريق خبراء الصورة المتحركة (MPEG)

في عام 1988 أوجدت منظمة التقييس العالمية (ISO) للاتحاد العالمي للاتصالات ما يسمى بفريق خبراء الصورة المتحركة Moving Picture Experts Groups (MPEG) ويهدف إلى الاتفاق على وضع معيار عالمي لتمثيل الصورة المضغوطة والأشكال و النصوص، بحيث يكون بسيطاً نسبياً، وقليل التكلفة، إضافة لمرونة تسمح بوضع معظم الوظائف المعقدة في المرسل بدلاً عن المستقبل.

في عام 1991 وضع المعيار MPEG-1 للتعامل مع التمثيل الرقمي المضغوط لمنابع إشارة غير فيديوية للوسائط المتعددة ذات مستوى خانات أصغر أو يساوي 1.5 ميغا خانة/ثانية، ومع ذلك، يمكن ملائمة MPEG-1 لإرسال إشارات الفيديو بعد تحويلها أولاً من المسح التشابكي الأساسي إلى شكل لمسح تدريجي ومن ثم إرسالها بنصف معدل تردد إرسال الحقل العادي. وغالباً ما يمكن إظهار ملفات MPEG-1 على شاشات الحواسيب IBM والأجهزة المتوافقة معها باستخدام الملفات ذات الامتداد mpg.*. وهناك عدد قليل من المبرمجين التلفزيونيين، ممن اختاروا استخدام الشكل المعدَّل لـ MPEG-1 والذي سمي MPEG-1.5 للإرسال عبر الأقمار الفضائية لأن هيئة MPEG قد طورت نظاماً معيارياً باستخدام المسح التشابهي، وقد تم تكييفه من أجل استخدامه في تطبيقات مختلفة، تتضمن إرسال البرامج التعليمية والترفيهية.

أقرت لجنة MPEG المواصفات النهائية للنظام القياسي الجديد MPEG-2 وذلك في عام 1994، يتمتع هذا النظام الذي يتغلب على كثير من المسائل التي واجهت MPEG-1 بدقة أفضل، وإمكانية معالجة لإشارات الفيديو المتشابكة، كما يسمح للأقنية المتعددة للصوت والصورة وللمعطيات ذات مستوى تدفق خانات مختلف بأن تتوحد في مستوى تدفق واحد، وهناك تشابه واسع بين MPEG-1 و MPEG-2، ويجب أن ينظر إلى الأول على أنه المنطلق لوضع مواصفات الآخر.

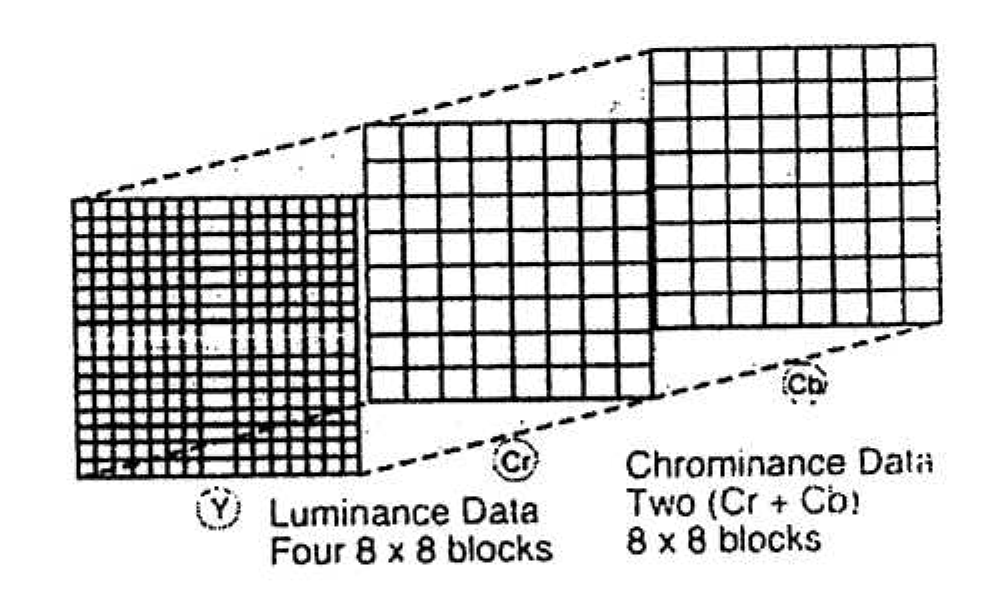
تقنيات ضغط MPEG -2

يوجد أربع تقنيات لضغط MPEG هي: المعالجة الأولية، التوقع المؤقت، التعويض الحركي والترميز التكميمي. تعتمد المعالجة الأولية على ترشيح واستبعاد المعلومات غير الضرورية للرؤيا في إشارة الفيديو، ويكون الترشيح عادة غير خطي.

و تأخذ تقنية التعويض الحركي مزاياها من حقيقة الارتباط الوثيق زمنياً لإشارة الفيديو، بمعنى آخر، كل إطار غالباً ما يكون كثير الشبه بالإطار الذي يسبقه و الإطار الذي يليه، ويتحقق الضغط من خلال ترميز الفروقات بين الإطارات بدلاً من ترميز كل إطار بمفرده، ويتم ذلك بتجزئة الصورة إلى مقاطع تدعى macroblocks وتعيين الأجزاء الثابتة والتي لم يطرأ عليها تغيير من صورة إلى صورة تالية.

يتنبأ المرمز أيضاً بالمقاطع التي تتحرك من المشهد حيث يسجل اتجاه وسرعة الحركة. والفرق البسيط نسبياً بين المقطع المتنبأ به والمقطع الفعلي هو ما يتم إرساله إلى المستقبل / كاشف الترميز المتكامل IRD. هذا الأخير يقوم بتخزين المعلومات التي لم تتغير من إطار إلى إطار يليه وذلك ضمن ذاكرة فعالة، ويتم هذا التخزين حسب (الشكل 16-3) حيث تستخدم المعلومات لملئ الفراغات.

إن السيئة الرئيسية في استخدام تعويض الحركة تكمن في حدوث حركات خلبية motion artifacts، كلما كان هناك عدد غير كاف من الخانات لتشكيل مشهد تفصيلي أو سريع الحركة، وهذه تظهر بوضوح لدى مراقبة الأحداث الرياضية، والطريقة الوحيدة للتغلب عليها تكون بزيادة معدل تدفق الخانات bit rate المخصصة لنقل وقائع الرياضة.



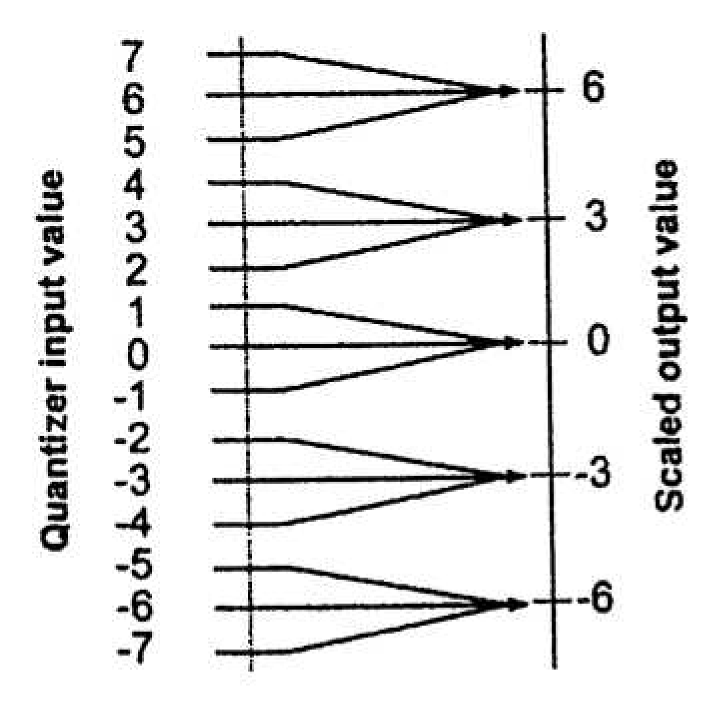
شكل 16-3 مقاطع على شكل عينات 4:2:0 مؤلفة من اربع قطع تحتوي كل منها على 8× 8 نقاط مضيئة لحمل معلومات الإضاءة وقطعتين 8×8 لحمل معلومات اللون.

هناك خوارزمية رياضية تدعى بتحويل التجب المنفرد discrete cosine transform (DCT) وذلك للتعرف على الفرق بين الإشارات من "المجال الفراغي Spatial" وتحويل تلك الفروقات إلى سلاسل مكافئة لها من الأمثال العددية في "المجال الترددي" والتي يمكن إرسالها بصورة أسرع. إن التحويل DCT هو علاقة مثلثية مشتقة من نظرية تحويل فورييه التي تقلل من فرص تكرار المعطيات في كل صورة. في المجال الترددي، يتم تمثيل معظم عناصر الصورة ذات الطاقة العالية بواسطة ترددات منخفضة متوضعة في الزاوية إلى أعلى يسار المقطع، والمعلومات المرئية الأقل أهمية تمثلها ترددات أعلى و تتوضع في أسفل اليمين.

يقوم الترميز التكميمي بتحويل مجموع الأمثال العددية الناتجة إلى أعداد مضغوطة أكثر وذلك بتقريبها ضمن حدود معينة كما في الشكل 16-4 ، فمثلاً، تتم عملية التكميم بحيث تقل أهمية مناطق الترددات العالية التي تكون العين أضعف حساسية لرؤيتها، هذه العملية تؤدي لتشكيل إشارة أقرب ما تكون إلى الإشارة الأصلية القابلة للرؤيا في العين البشرية.

إن تدفق الخانات الرقمية للنظام MPEG-2 يتكون من مسح ثوابت التردد وعددها 64 بأسلوب المنعطفات (zigzag) و ذلك من أعلى اليسار إلى أسفل اليمين كما في الشكل (16-5). وينجم عن ذلك وجود متزايد للمناطق التي تشغلها الترددات العالية والمتمثلة بالأصفار، يتحقق ضغط المعطيات بترميز هذه الأصفار بدلاً عن ترميز كل صفر بمفرده (الشكل 16-5) يتم مسح الثوابت DC بأسلوب zigzag بحيث تترتب النتائج حسب قيمها تنازلياً من أعلى اليسار إلى أسفل اليمين) ، و هذه العملية تسمى " run – length coding ".

يتم الترميز أيضاً باختيار كلمات الترميز التي تناسب كل مجموعة من المعاملات. و هذه الطريقة يمكن مقارنتها بترميز المورس، حيث يتم تمثيل الحرف " E " وهو الأكثر تكرارية في اللغة الإنكليزية المكتوبة بالرمز المختصر (.)، بينما الرموز الطويلة تخصص لأحرف مثل Q (_.__) و Z (__..) وهي قليلة المصادفة. إن عملية التكميم يتبعها ترميز بكلمات قصيرة للحوادث التي تتميز باحتمال كبير الوقوع وبكلمات طويلة الترميز للثوابت الأقل احتمالاً. تدعى هذه العملية " Variable length coding ".



شكل 16-4. يقوم الترميز التكميمي بتقريب جميع الأمثال ضمن حدود معينة إلى قيمة وسطية واحدة

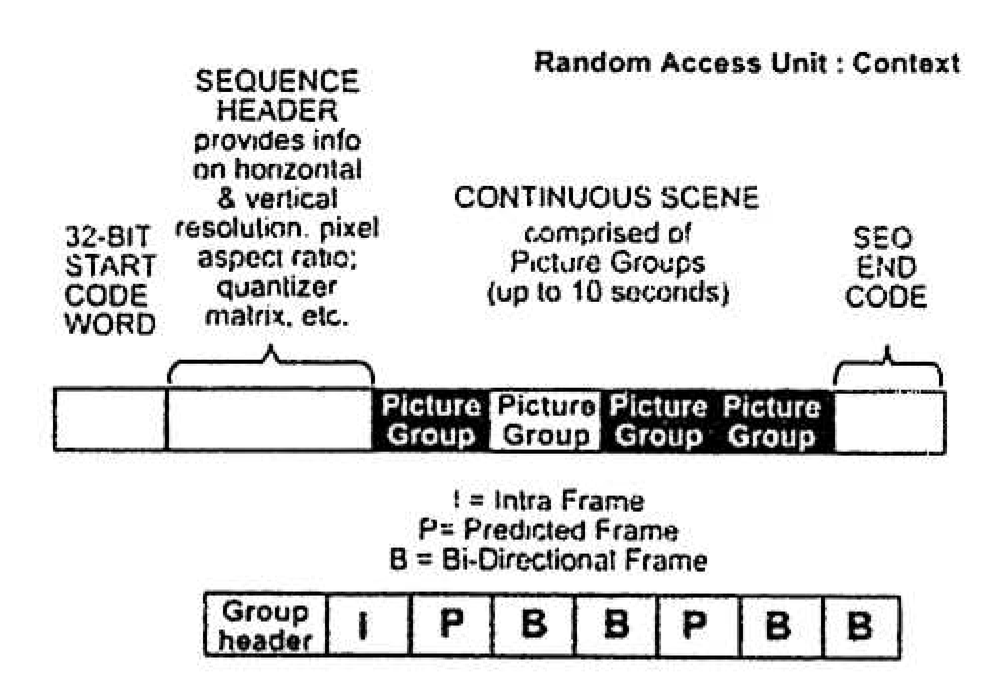
HIGH FREQUENCIES

LOW FREQUENCIES

شكل 16-5. يتم مسح الأمثال DC بطريقة "Zig Zag" بحيث تترتب الأمثال حسب القيم التنازلية من اعلى اليسار إلى اسفل اليمين.

مجموعة الصور Group of picture

تقوم عملية الضغط بتقسيم كل مجموعة من الصور المشكلة لمشهد مرئي إلى مقاطع أصغر، ويتم بعد ذلك ترميز هذه المقاطع (الشكل 16-6). يجري أولا تقسيم المجموعة إلى إطارات فيديوية منفصلة، وبذلك يتوفر للمبرمج خيارات لإطارات متعددة، ففي نظام PAL عالي الدقة هناك 720 نقطة مضيئة في كل خط فعال وعددها 576 خطاً، بينما يوجد 720 أو حتى 360 نقطة مضيئة في نصف عدد الخطوط السابقة أي 288 خطاً فعالاً و ذلك في الأنظمة الأقل دقة بحيث ينقص عدد الخانات اللازمة لنقل الإشارة الفيديوية.

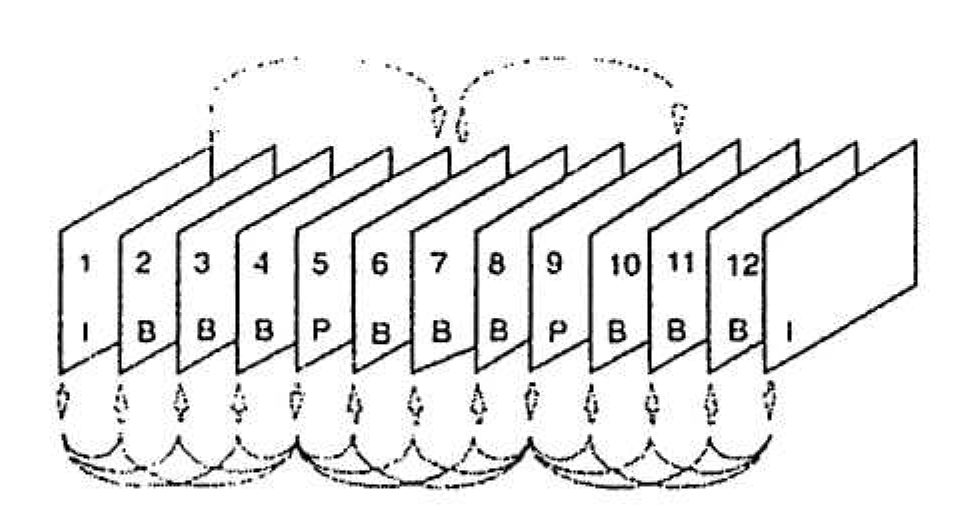


شكل 16-6 مجموعة الصور هي تتابع مرئي مكوّن من سلسلة من الإطارات المترابطة.

إطارات I , P و B

للتقليل من تكرار المعطيات المحتواة في أي مجموعة من الصور، تستخدم ثلاث أنواع من الإطارات المتباينة وتسمى P , I و B كما في الشكل (16-7).

يشكل الإطار Intra أو الإطار "I" مرجعاً للتنبؤ بالإطارات التالية، وهو يتكرر بمعدل مرة واحدة كل 10 إلى 15 إطار. ويعتبر ضرورياً للحفاظ على استمرارية البرنامج. و إن الضغط الذي يحدث خلال إطار يتعلق بالمعلومات المحتواة فقط ضمن هذا الإطار. إن كل مجموعة من الصور يجب أن تبدأ بالإطار I، و تضبط عملية الزرع المنتظمة للإطارات I ضمن تدفق المعطيات بواسطة المرمز.



شكل 16-7 بسبب المستوى العالي من التكرارية بين إطارات كل مجموعة من الصور، فإن المعلومات المتغيرة من الصورة من إطار لآخر هي ما نحتاج فقط لإرساله.

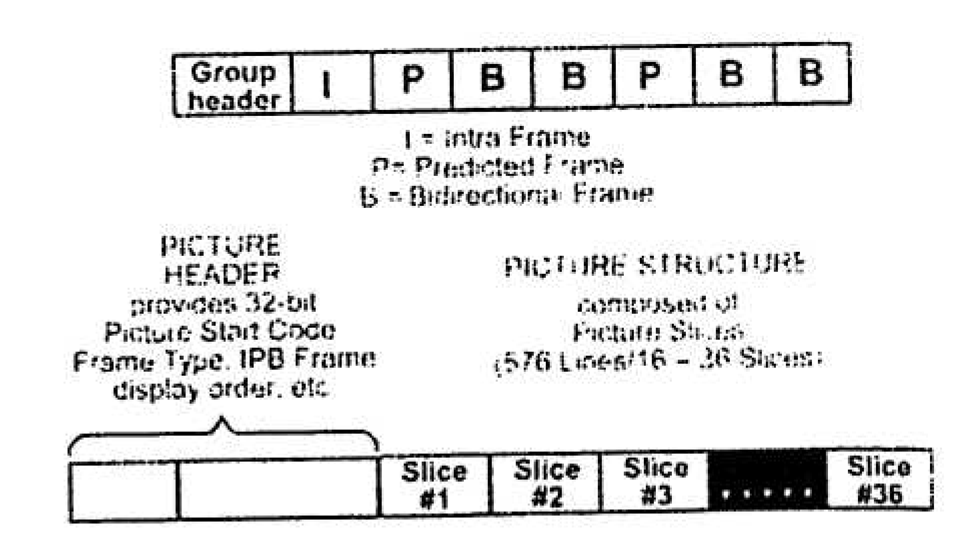
إن الإطارات "P" يُتنبأ بها من المعلومات المتواجدة في أقرب إطار I أو P سابق، و يحدث الضغط بسبب احتواء الإطار "P" فقط لمعلومات الصورة التي تغيرت عن أحد إطارات I أو P سابقة، و توجد ذاكرة Buffer في كاشف الترميز لتأمين المعلومات المفقودة في إطار سالف I أو P.

إن الإطارات ثنائية الاتجاهية bidirectional أو "B" يتم ترميزها باستخدام المعطيات المتنبأ بها من أقرب إطار "I" أو "P"سابق أو لاحق، و يختار المرمز عدد الإطارات B الواجب زرعها بين الأزواج I أو P المرجعية، كما يقوم باختيار لترتيب وتوالي الإطارات الكلي الأكثر كفاءةً لتحقيق أعلى مستوى من الضغط، ويحتاج المستقبل / المرمز المتوافق إلى ذاكرة Buffer إضافية تزيد من كلفة المرمز.

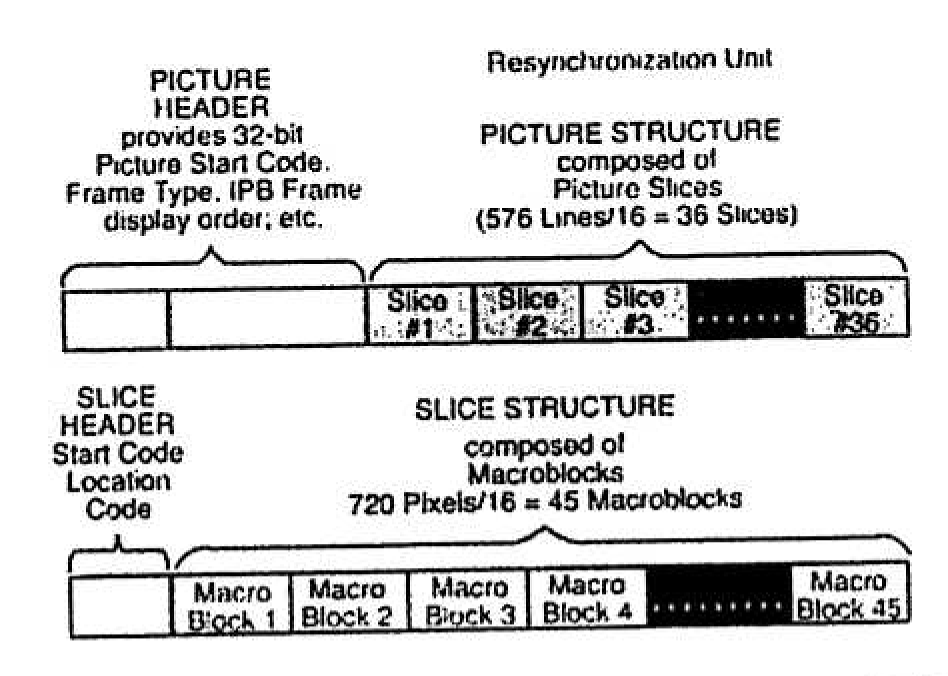
الشرائح Slices

يقسم كل إطار فيديوي إلى شرائح تسمى slices (شكل 16-8)، ففي نظام PAL، هناك 576 خطاً فعالاً تقسم إلى 36 شر

تضم كل منها 16 خطاً و كل خط يعاد تقسيمه أيضاً إلى 45 قطعة (16 % 720 = 45) تسمى macroblocks (الشكل 16-9).



شكل 16-8 أثناء الترميز MPEG لإشارة فيديو، يقسم كل إطار إلى وحدات تسمى شرائح Slices.



شكل 16-9 تقسم الشرائح بدورها إلى وحدات اصغر تسمى macroblocks تجرى عليها عمليات رياضية معقدة.

MACROBLOCKS

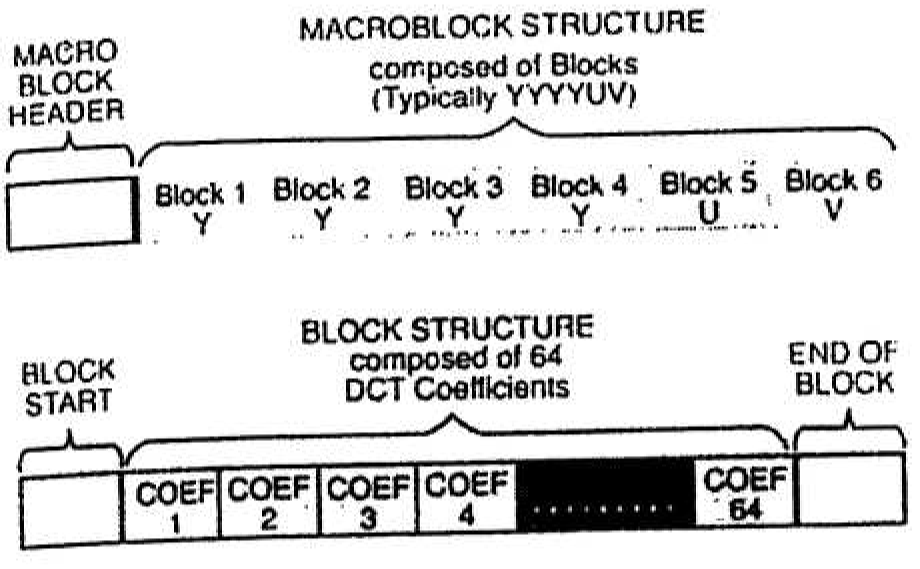
يتولد عن الكاميرات التلفزيونية التشابهية الملونة إشارات الإضاءة Y واختلاف اللون (B-Y, R-Y) و هذه المركبات التي تحمل على ثلاث خطوط نقل محوري BNC، معرضة للتداخل، إن كل macroblocks للنظام MPEG-2 مؤلفة من أربع مقاطع لمعلومات اللمعانية أو الإضاءة (Y) تشكل معاً مصفوفة مؤلفة من 16×16 نقطة مضيئة، إضافة إلى مقطعين أو أكثر 8×8 تمثل إشارات اللون أو فرق اللونية Cb, Cr. هذا التشكيل يطلق عليه 4:2:0. و في شكل التقطيع 4: 2: 2، هناك أربعة مقاطع لمعلومات الإضاءة و أربعة مقاطع لمعلومات اللون حيث اثنين يمثلان Cb، والاثنان الآخران Cr. و أخيراً يوجد شكل التقطيع 4:4:4 الذي يحتوي أربعة مقاطع إضاءة وثمانية مقاطع خاصة باللون، أربع منها تمثل Cr و أربعة تمثل Cb.

الكتل Blocks

توجد عملية رياضية معقدة تدعى تحويل التجب المنفرد (DCT) تقوم بإزالة التكرار الفراغي الذي يحدث ضمن كل كتلة. وتطبق أمثال التحويل DCT على كل كتلة لتحويل معلومات الإضاءة واللون للصورة من الشكل الفراغي إلى المجال الترددي (شكل 16-10) و هذا التحويل ينجم عنه تشكيل مصفوفة مؤلفة من الأمثال العددية لعملية التحويل DCT التي تمثل فعلياً الكثافة ضمن الكتلة. تخضع هذه الأمثال بعدئذ للتكميم، حيث تصبح واحدة من قيم محدودة صحيحة يمكن إرسالها باستخدام أقل عدد ممكن من الخانات (شكل 16-11)، يستفيد التكميم من طبيعة العين البشرية التي تستجيب لمجموعة محدودة من القيم تنتج عن سلاسل لا منتهية تستخدم بعد ذلك طريقة معالجة غير خطية لتحديد كيفية تكميم كل من الأمثال، و تعتمد عملية التكميم على تحويل عدد غير محدود من القيم إلى مجموعة معينة تتناسب مع استجابة العين البشرية، بنتيجة التكميم، تصبح معظم أمثال التحويل DCT مساوية إلى الصفر، و يقوم المسح التشابكي (zigzag) بترتيب الأمثال بدلالة التردد من أعلى اليسار إلى أسفل اليمين.

Motion Compensation Unit
SLICE HEADER Start Code Location Code
SLICE STRUCTURE comprised of Macroblocks 720 Pixels/16 = 45 Macroblocks
Macro Block 1 | Macro Block 2 | Macro Block 3 | Macro Block 4 | Macro Block 45
MACRO BLOCK HEADER
MACROBLOCK STRUCTURE comprised of Blocks (Typically YYYYUV)
Block 1 Y | Block 2 Y | Block 3 Y | Block 4 Y | Block 5 U | Block 6 V

شكل 16-10. كل كتلة ضمن المقطع تخضع إلى التحويل DCT وهو عملية رياضية للانتقال من المجال الفراغي إلى المجال الترددي.



شكل 16-11. يقلب التحويل DCT الكتل 8×8 إلى مصفوفات مؤلفة من 64 من الأمثال العددية.

التوضيب الأولي و تدفق المعطيات

يقوم مرمز MPEG-2 بضغط إشارة الفيديو و الصوت ضمن مجموعات مختلفة الطول، ويستخدم المرمز حقل زمني يسمى ساعة البرنامج المرجعية (PCR) لضبط التزامن أثناء تدفق هذه المجموعات. يقوم المرمز بعدئذ بتجميع المعطيات، لتشكيل حزمة موحدة مؤلفة من رزم ذات طول ثابت (188 ثمانية) وتشترك بتعليمات النظام وعناصر النص المرئي ويمكنها أن تحتوي على برامج متعددة. كل منها يعمل بقاعدة زمنية مستقلة و هي مسبوقة بعنوان للتعريف.

شكل MPEG -2، المستويات والطبقات

إن معيار الضغط MPEG-2 هو في الحقيقة عائلة من الأنظمة، فهناك أربع مستويات مختلفة: العالي، العالي -1440 الرئيسي والمنخفض (شكل 16-12). المستويان العالي والعالي -- 1440هما المستخدمان في التلفزيون عالي الدقة (HDTV) و التلفزيون متطور الدقة (ADTV). ويتألف كل منهما من 1.920 × 1.152 و 960 × 576 نقطة مضيئة على الترتيب، كذلك المستويين الرئيسي و المنخفض يمكن لهما تخديم التلفزيون المعياري المؤلف من 720 × 576 أو 352 × 288 نقطة مضيئة. توجد طبقتان فراغيتان تسمى الأولى طبقة التقوية (Enhancement) والأخرى بالأساسية (base layer).

Note: DVB does not support the SNR & Spatial Profiles		MPEG-2 PROFILES:				
MPEG-2 LEVELS:	Spatial Resolution Layer	Simple	Main	SNR	Spatial	High
HIGH	Enhancement		1920x1152x25 1920x1080x30			1920x1152x25 1920x1080x30
80 Mbit/s maximum	Base Layer					960x576x25 960x480x30
HIGH-1440	Enhancement		1440x1152x25 1440x1080x30		1440x1152x25 1440x1080x30	1440x1152x25 1440x1080x30
60 Mbit/s maximum	Base Layer				720 x 576 x 25 720 x 480 x 30	720 x 576 x 25 720 x 480 x 30
MAIN	Enhancement	720 x 576 x 25 720 x 480 x 30	720 x 576 x 25 720 x 480 x 30	720 x 576 x 25 720 x 480 x 30		720 x 576 x 25 720 x 480 x 30
15 Mbit/s maximum	Base Layer					352 x 288 x 25 352 x 240 x 30
LOW	Enhancement		352 x 288 x 25 352 x 240 x 30	352 x 288 x 25 352 x 240 x 30		
4 Mbit/s maximum	Base Layer					

شكل 16-12. ملفات MPEG -2، المستويات والطبقات.

إن تدفق الخانات الرقمية مصنفة أيضاً حسب معدل إطارات الفيديو، سواءً 25 أو 30 هرتز وفق أنظمة التشغيل في البلدان المختلفة.

هناك خمسة أشكال مختلفة لنظام MPEG-2 و هي : البسيط، الرئيسي، المتدرج في نسبة الإشارة إلى الضجيج(SNR)، المتدرج الفراغي والعالي المستوى كما في (الجدول 16-1)، يتألف كل شكل من مجموعة من أدوات الضغط، فمثلاً يمكن استخدام 720 نقطة مضيئة في الخط عند المستوى الرئيسي أو حتى 1920 نقطة عند المستوى العالي. تستخدم أغلب أنظمة الإرسال التلفزيوني التقليدي الشكل الرئيسي مع المستوى الرئيسي (MP@ML)، في حين تعتمد الأنظمة الحديثة عالية الدقة الشكل العالي مع المستوى العالي أو العالي-1440.

الشكل البسيط	يستخدم اقل ما يمكن من الأدوات.
الشكل الرئيسي	يضاف إلى الأدوات المستخدمة في الشكل البسيط إمكانية تفسير الإطارات B من أجل التنبؤ ثنائي الاتجاهية.
الشكل المتدرج SNR و المتدرج الفراغي	تضاف أدوات تسمح بتحسين دقة الفيديو أو نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR و ذلك من خلال تجزئة المعطيات إلى عدة طبقات.
الشكل العالي	يحتوي جميع الأدوات المستخدمة في الأشكال الأخرى مضافاً إليها ترميز إشارات اختلاف اللون في الخط.

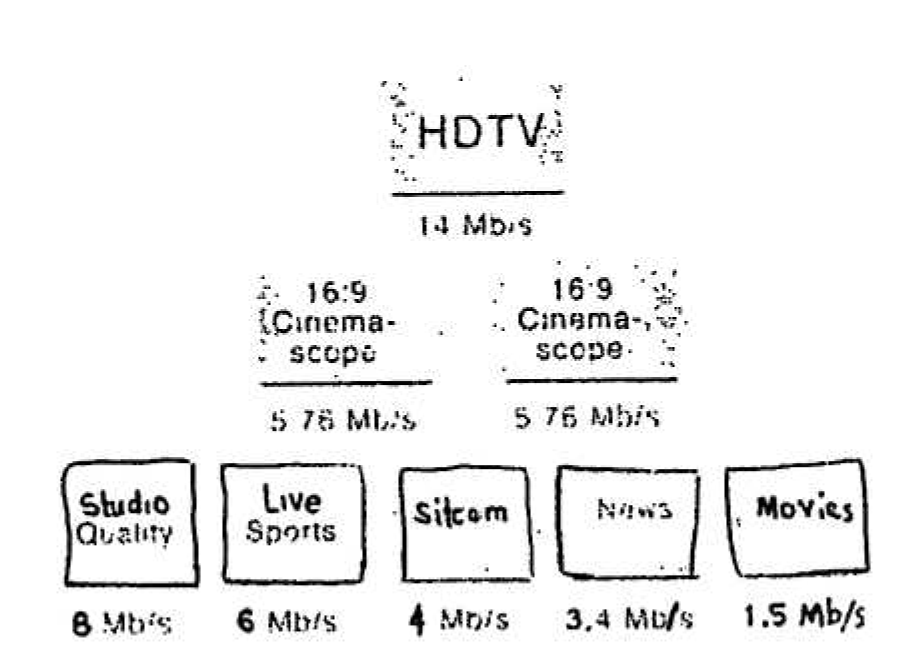
جدول 16-1 اشكال MPEG -2

يتميز نظام MPEG -2 بأنه يحقق أعلى مستوى من المرو بتأمين إشارات مناسبة للتلفزيون العادي و التلفزيون عالي الدقة و ذلك بكلفة مناسبة و يتم هذا التكيف من خلال استخدام الطبقة الأساسية ذات الدقة المنخفضة لتأمين إشارة التلفزيون

القياسي، وبذات الوقت، تستخدم طبقة تقوية أو أكثر لجعل الصورة أكثر وضوحاً. و إن المعلومات التي تقدمها الطبقة الأساسية مع ثلث التي تقدمها طبقة التقوية هي ما يحتاجه التلفزيون عالي الدقة في حين تهمل المعطيات المحتواة في طبقة التقوية بالنسبة للتلفزيون العادي.

معدلات الترميز في نظام MPEG-2

يمكن أن يحتوي نظام MPEG-2 الرقمي على ثمانية أقنية تلفزيونية أو أكثر إضافة لأقنية الصوت المرافقة لها. كذلك يشمل خدمات صوتية إضافية، و معطيات إضافية كالنص المرئي أو الانترنيت. إن إشارة فيديوية وحيدة ضمن هذا السيل من تدفق المعطيات سوف يكون لها معدل أخفض للخانات. فمثلاً يمكن إرسال فيلماً سينمائياً VHS بمعدل 1.5 ميغاخانة/ثانية، كما يمكن إرسال برنامج أخبار أو تسلية عامة بمعدل 3.4 إلى 4 ميغاخانة/ثانية، وبرنامج رياضي بمعدل 4.6 إلى 6 ميغاخانة/ثانية (انظر الشكل 16-13). إن معدل الترميز المطلوب لأي إرسال MPEG -2 يتغير حسب قرار يتخذه من يقوم بإعداد البرنامج و تهيئته.



شكل 16-13. معدل إرسال MPEG-2 مقداراً بميغاخانة/ثانية.

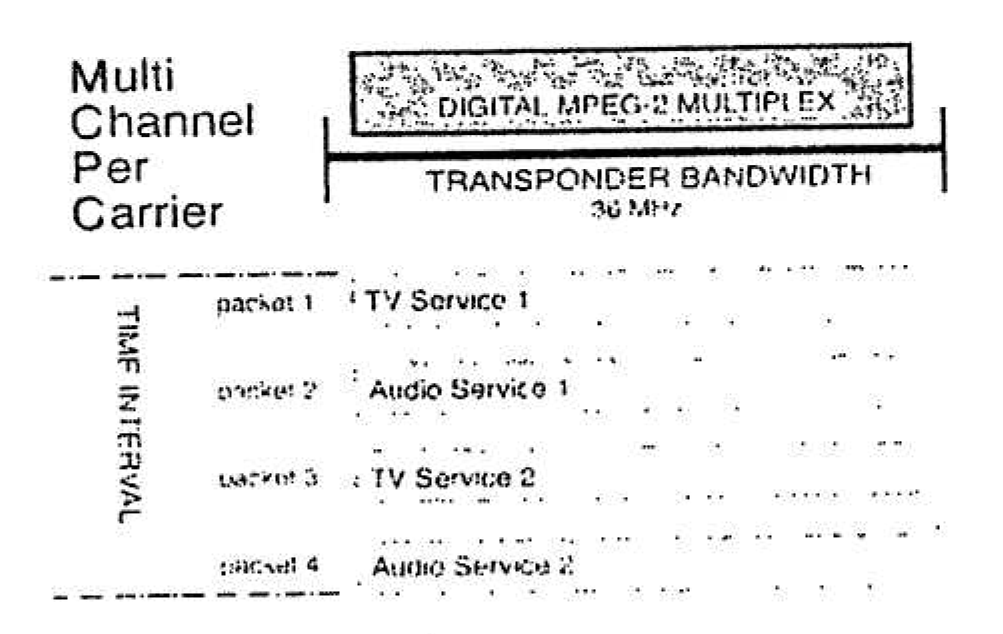
الخدمات الفيديوية	معدل المعطيات
تلفزيون عالي الدقة (HDTV)	14 ميغا خانة/ثانية
برنامج استديو عالي الجودة CCIR 601	8.064 =
شاشة عرض سينمائية 9 : 16	5.760 =
نشاطات رياضية	4.608 =
فيلم تلفزيوني	3.456 =
فيلم Pay/View	1.152 =
الخدمات الصوتية	
أحادي	
ستيريو	128 كيلوخانة/ثانية
ستيريو زوجي	512 =
معطيات رقمية	9.6 =
معطيات تحكم	30.72 =

16-14 أقل معدل معطيات واجب تامينه لنظام MPEG -2 .

إن هناك زمناً قصيراً أمام مرمز MPEG-2 للوصلة الصاعدة في القمر الصناعي قبل اتخاذ قرار الترميز (الشكل 16-14) إن النشاطات الرياضية تتطلب معدلاً عالي لتدفق المعطيات لأنه ينبغي للمرمز اتخاذ قرار الترميز لحظياً و يجب أيضاً إرسال تغيرات حركية سريعة و معقدة دون تشويه حاد لها.

إطارات إرسال للقمر الاصطناعي

إن أغلب الأقنية التلفزيونية الرقمية المرسلة إلى المنازل عبر الأقمار الاصطناعية تستخدم إطاراً للإرسال -يسمى (MCPC) Multiple Channel Per Carrier - يسمح بإرسال برنامجين أو أكثر على الحامل الواحد بحيث يمكن الاستفادة من نفس نظام المقاطعة في التحكم و تصحيح الأخطاء و من هنا يتم توفير في المجال الترددي الكلي و متطلبات سرعة إرسال المعطيات (شكل 16-15).



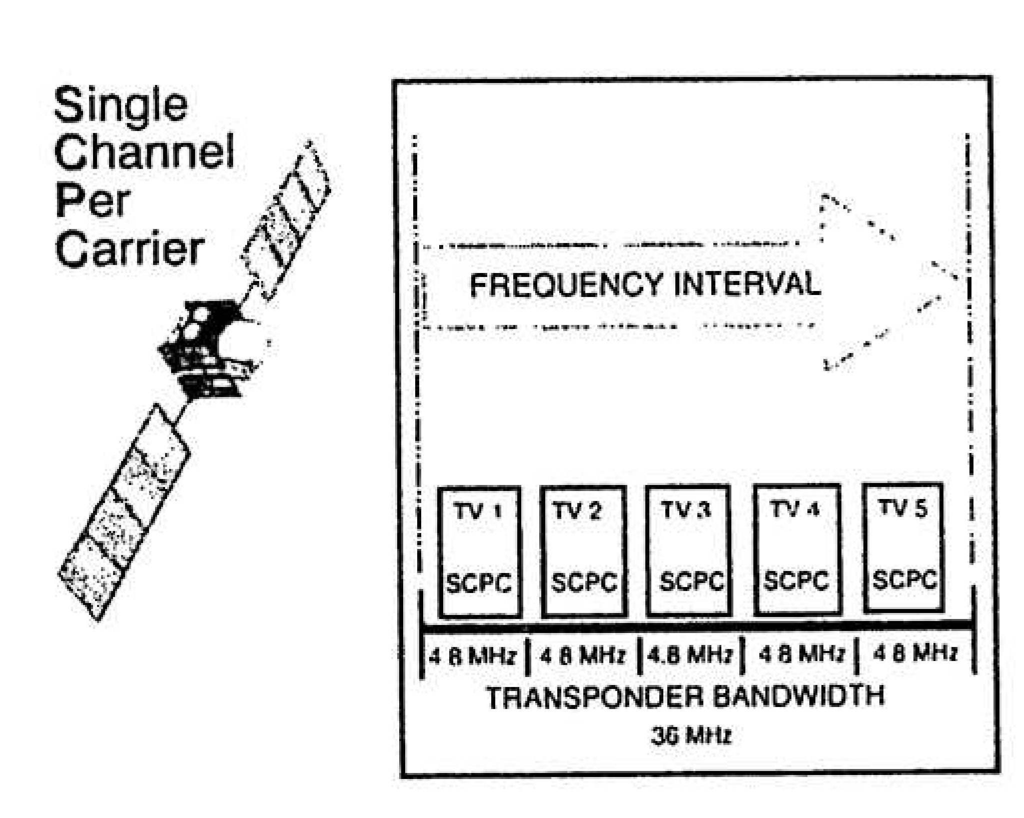
شكل 16-15. يقوم نظام MCPC بتوحيد إشارات الفيديو والصوت والمعطيات، و يتم إخراج جميع المعطيات بتسلسل زمني على شكل مجموعات موحدة الحجم.

يستخدم نظام MCPC تقنية إرسال تعرف بتعددية التقسيم الزمني (TDM) حيث يخصص لعدة برامج أمكنة معينة ضمن الإطار الزمني ويتم إرسالها بوتيرة عالية من تدفق الخانات و يقوم المرمز/المستقبل (IRD) باختيار مجموعة المعلومات المؤلف من أجل استقبالها بينما يهمل المجموعات الأخرى. و بذلك يستفيد البرنامج المطلوب من كامل استطاعة المرسل و عرض حزمته.

إن أكبر مساوئ نظام MCPC، هي ضرورة توفر جميع معلومات الفيديو و الصوت والمعطيات الأخرى المراد إرسالها لدى المحطة الرئيسة للوصلة الصاعدة التي يتولد فيها حس MPEG، و قد تم التغلب على هذه المسألة في الأقمار التي أطلقت حديثاً مثل Hot Bird 4 باحتوائه على نواخب multiplexers تسمح بوصول المعلومات إليه من أماكن مختلفة.

هناك نظاماً بديلاً يستخدم على نطاق ضيق لنقل المعلومات الرقمية و يسمى single channel per carrier (SCPC) :

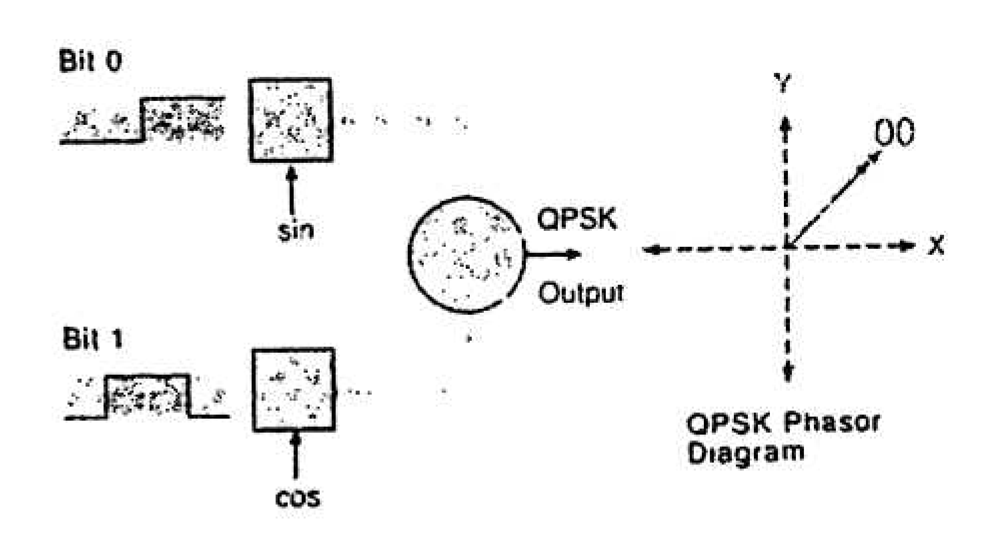
ويسمح بصعود المعلومات من أماكن متفرقة (شكل 16-16). وغالباً ما يستخدم هذا النظام لتطبيقات محددة مثل جمع الأخبار و لأغراض تعليمية حيث من الصعب إن لم يكن مستحيلاً إرسال المعلومات من مكان واحد. و هنا يستفاد من جزء من الحزمة الترددية، و عندما يشترك أكثر من مستخدم لنظام SCPC في مستجيب transponder واحد، يقوم كل مشترك بإرسال برنامجه على حامل خاص ضمن مجال ترددي ذو حزمة ضيقة. وينبغي وجود مجالات ترددية ضيقة تعمل كحزام حول القنال وتفصل بين الحوامل SCPC لمنع حدوث التداخل بين البرامج.



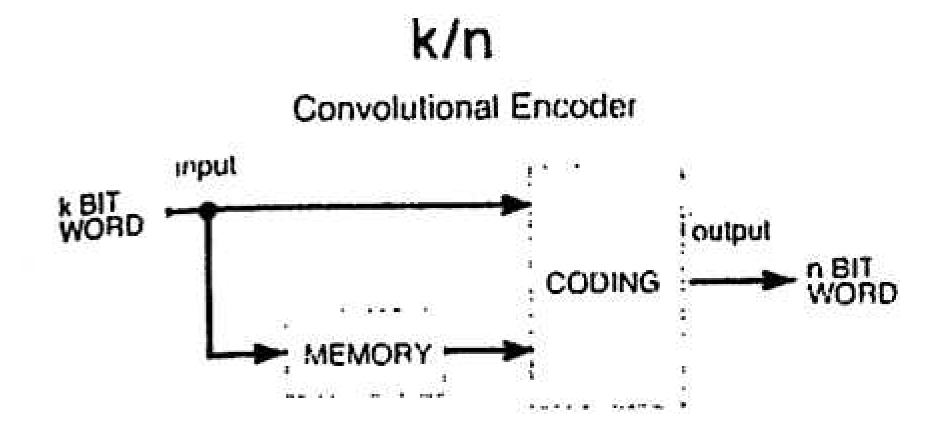
شكل 16- 16. نظام SCPC الذي يوضع الفيديو و الصوت والمعطيات لكل قناة تلفزيونية على حيز مستقل من الحزمة الترددية.

تقنيات تعديل MPEG-2

يستخدم نظام MPEG-2 تقنية تعديل رقمية تسمى QPSK و يتطلب هذا التعديل معالجة آنية لخانتين من المعلومات بحيث يتضاعف فعلياً معدل المعطيات دون زيادة في حزمة التمرير (الأشكال 16-17 و 16-18).



شكل 16-17 يستخدم التعديل الرباعي QPSK، حيث تأخذ كل حالة خانتين و يكون لها رمز Symbol خاص.



شكل 16-18. إن معدل تصحيح الأخطاء المباشر FEC هو نسبة الخانات الداخلة K إلى الخانات الخارجة الصحيحة n من الرمز.

في نظام تعديل بسيط مثل (BPSK)، يتغير التردد الحامل بين حالتين متباينتين للطور موافقتين للوضع الثنائي (ON) 1 و 0 (OFF)، غير أنه في التعديل QPSK تستخدم أربع حالات عوضاً عن اثنتين ويتم اختيار حالة من الحالات الأربع حيث تمثل كل حالة بخانتين يجري إرسالهما معاً و يسميان بالرمز Symbol. يقوم المرمز الرقمي بالوصلة الصاعدة بتحويل أزواج الخانات والتي تسمى (di-bits) إلى رموز ثنائية الخانات ويعبر عن معدل تدفق هذه الرموز بالميغا رمز بالثانية (Msy m/s).

إن معدل تدفق الرموز يتغير من تعديل QPSK إلى آخر و كاشف الترميز الرقمي IRD ينبغي أن يكون مبرمجاً لدى تصنيعه ليولف آلياً على معدل تدفق الرموز المستخدم من قبل معد المادة التلفزيونية. وهكذا ينبغي على المشاهد الذي يرغب باستقبال حزم متعددة أن يقوم بتغيير معدل الرموز بكاشف التعديل (IRD) كلما انتقل من حزمة إلى أخرى.

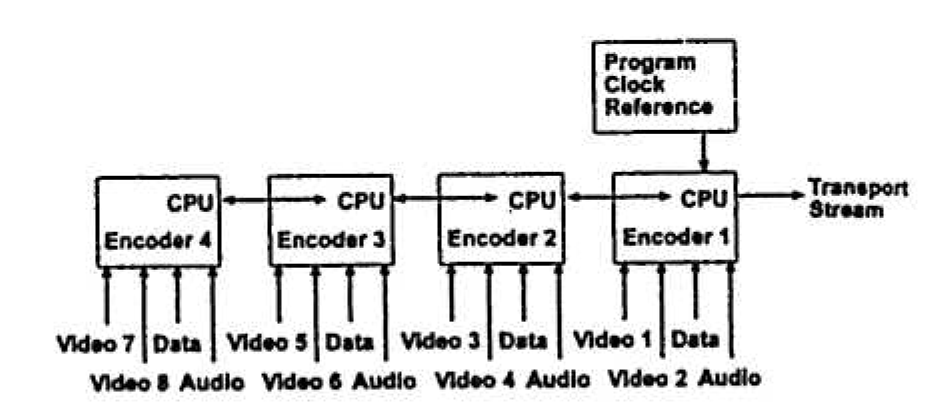
نظام البث القياسي الرقمي للصورة

Digital Video Broadcasting standard (DVB)

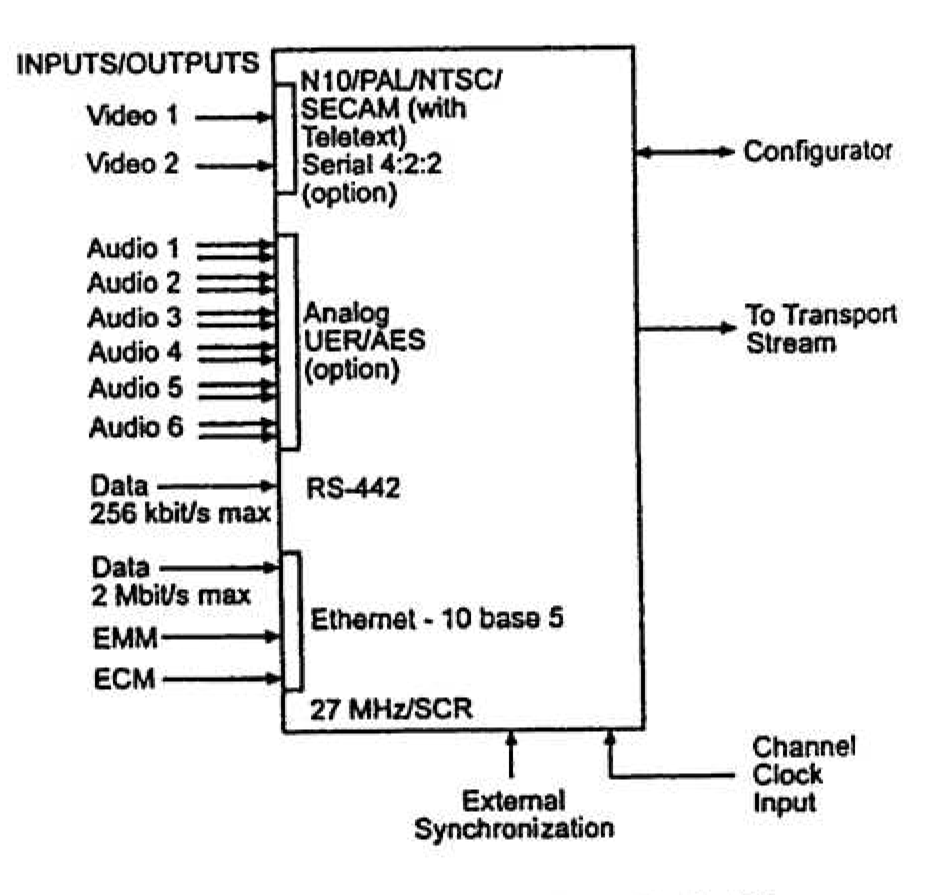
إن أغلب أنظمة البث للتلفزيون الفضائي الرقمي في الوقت الحاضر تعتمد أحد نماذج MPEG-2 الذي يتوافق مع المعاملات المعتمدة من الفريق الأوروبي للبث الفيديوي الرقمي (DVB)، وقد تم اختيار النموذج (Mp@ML) Main Profile at. Main Level مع مستوى تدفق معطيات أعظمي مساوياً 15 Mb/s كأساس لنظام الضغط الرقمي (الأشكال 16-19 و 16-20). يقوم المرمز MPEG -2 بحزم جميع المعطيات ضمن رزم packets كل منها يحتوي على ثمانية واحدة كترويسة و 187 ثمانية كرسالة، وتزود الترويسة التي تحوي تعريف الرزمة Packet Identifier (PID) كاشف الترميز IRD بالتعليمات التي يحتاجها لمعرفة ما سيفعل، فمثلاً، على كاشف الترميز أن يعالج فقط الرزم التي تضم معلومات عن الأقنية التي تم برمجته من أجلها وإهمال الرزم الأخرى. تتوفر أربعة أنواع من كواشف تعريف الرزم identifier، الأول لمعلومات الفيديو VPID، و النوع الثاني

لمعلومات الصوت APID، أما الثالث فمهمته إرسال نبضات ساعة مرجعية للبرنامج (Program Clock Reference (PCR PID لتأمين تزامن رزم الفيديو و الصوت، و هناك النوع الرابع و الأخير لكشف تعريف المعطيات (DPID) ولتمييز الرزم التي تحتوي على معلومات التشغيل و التحكم conditional access (CA)، و معطيات النص المرئي مثل ترددات إرسال الرزم، رقم القنال و معاملات التعديل.

يكون كاشف الترميز IRD مبرمجاً لدى المصنع بحيث يلتقط إشارة أول مرسل لتابع صنعي، بعد ذلك يصبح قادراً على تحصيل كل معاملات الإرسال بشكل آلي حتى إذا تمت برمجته بشكل مختلف عن برنامج المصنع لاحقاً فإنه لا يتأثر من خلال برنامج يصل من الوصلة الصاعدة و يسمى Electronic Program guide (EPG) و هو الذي يزود المستثمر بمعلومات متنوعة تتضمن اسم القنال، عنوان لبرنامج، وصفه، و معلومات عن البرنامج اللاحق.



شكل 16-19 مخطط صندوقي لمرمز MPEG -2.



شكل 16-20 مخطط تفصيلي لمرمز MPEG -2.

تتضمن معلومات التشغيل جدولاً مرافقاً للبرنامج Program Association Table (PAT) يؤمن لكاشف الترميز IRD قائمة تدعى جدول خريطة البرنامج Program Map Table (PMT) التي تقوم بالتعرف على جميع عناصر الإشارة ضمن MPEG-2، والجدول 16-3 هو أحد الأمثلة على (PAT) قابل للإظهار.

PAT (PID 0000)	= 0100, 0200, 0300, 0400
PMT 1 (PID 0100)	= Video PID 0101, Audio PID 0102, Audio PID 0103, PCR 01FF
PMT 2 (PID 0200)	= Video PID 0201, Audio PID 0202, Audio PID 0203, PCR 02FF
PMT 3 (PID 0300)	= Video PID 0301, Audio PID 0302, Audio PID 0303, PCR 03FF
PMT 4 (PID 0400)	= Video PID 0401, Audio PID 0402, Audio PID 0403, PCR 04FF

جدول 16-3

يستطيع كاشف الترميز IRD أن يتبين وجود أربع أقنية فيديوية و أربع أزواج لأصوات ستيريو مرافقة لها، إضافة إلى معلومات زمنية منفصلة تتعلق بكل معلومة، يؤمن الجدول (PAT) أيضاً معلومات إضافية مثل الاسم ومدة عرض كل برنامج وأية معلومات مساعدة تشكل جزءاً من المعطيات الرقمية.

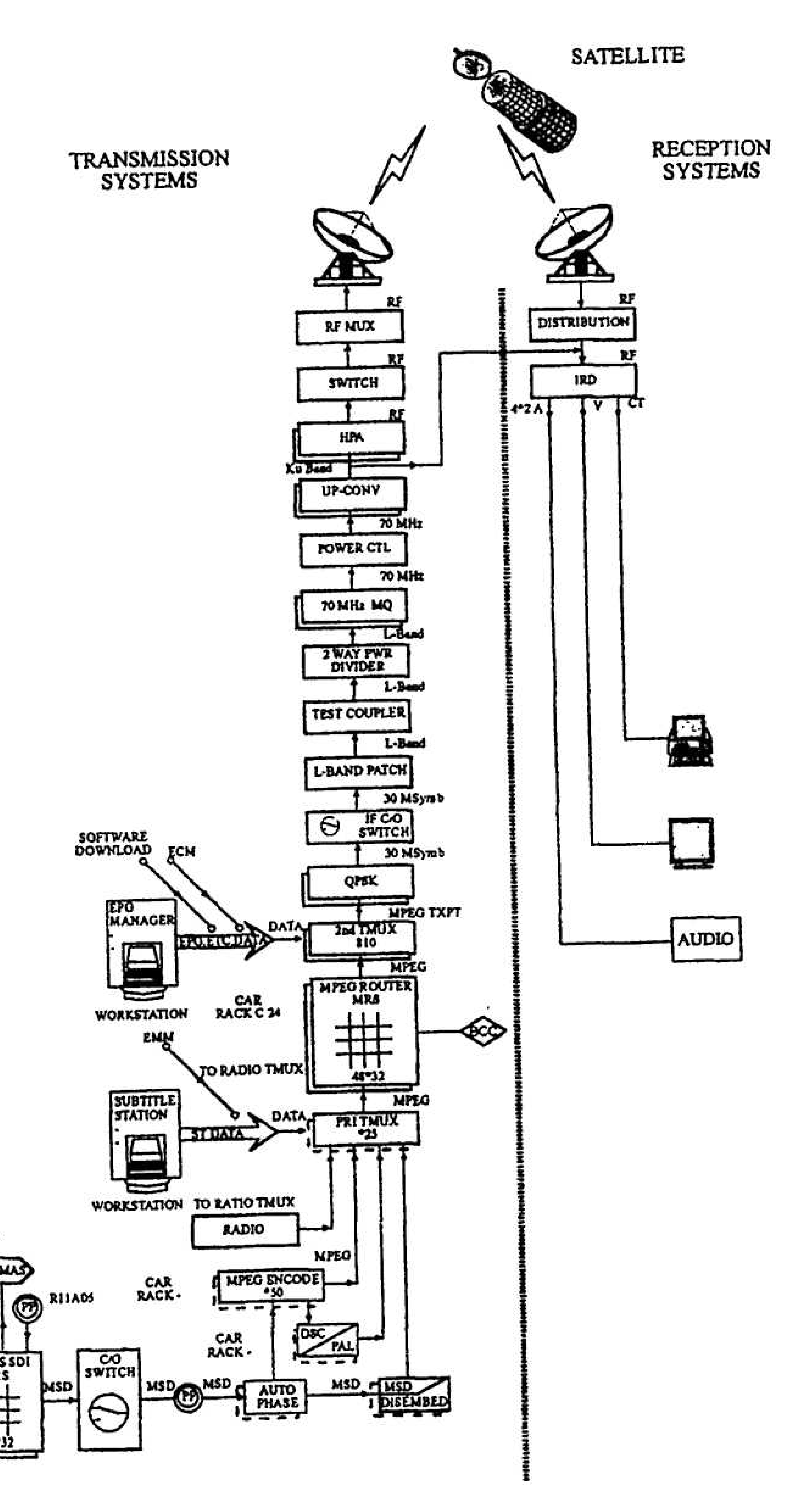
يوجد أيضاً جدول شبكة معلومات Network (NIT) Information Table يزود IRD بقائمة المستجيبات transponders المرتبطة معاً على ذات القمر الاصطناعي مع عناصر ومعاملات الإرسال لكل منها. إن بعض أنظمة الاستقبال الرقمية تكون مجهزة بهوائي متحرك يسمح لكاشف الترميز IRD باستقبال إشارات من أكثر من تابع صنعي وفي هذه الحالة يمكن للمستقبل/الكاشف IRD أن يتعرف من جدول NIT على موضع المرسلات على توابع صنعية أخرى.

يوجد ضمن عناصر DVB-SI (Service Information) جدولاً يدعى جدول الرزمة Bouquet Association Table (BAT) يؤمن لكل كاشف ترميز IRD معلومات كافية حول منشأ البرامج المحتواة في معطيات MPEG-2. فمثلاً، يمكن لجدول BAT التعرف على البرامج من خلال التصنيف أو الموضوع. وهناك جدول معلومات الحوادث Event Information Table (EIT) الذي يحتوي على معلومات حول زمن وقوع الحدث الرياضي مثلاً وفترة استمراره، كذلك يؤمن جدول التوقيت والتاريخ Time and Date Table (TDT) الزمن الصحيح لكاشف الترميز.

تصحيح الأخطاء المباشر
Forward Error Correction

تحتوي الإشارة المعدلة QPSK على رمز خاص يستخدمه كاشف الترميز IRD لفحص فيما إذا كانت جميع الخانات المرسلة قد تم استقبالها فعلاً، هذه التقنية أدت إلى وجود إشارة قوية مقارنة بإرسال معلومات رقمية أخرى تحتوي نفس المعلومات ولا تخضع للترميز ذاته. وقد أثبتت التجارب

بـأن هنـاك تحسـناً في الأداء يصـل إلى 3.3 ديسـيبل حـين استخدمت تقنية التصحيح المباشر للأخطاء (FEC) وهذه يعني بأن وصلة الاتصالات مع التابع الصنعي التي تحتاج إلى هوائـي بقطر 1.8 متر لاستقبال إشـارة رقميـة غير مرمـزة، يمكـن أن تعطي على ذات الإشـارة مـن نمـوذج مرمـز لنفـس الرسـالة الرقمية باستخدام قرص هوائي ذو قطر أصغـر بكثير. ولقـد وجد الفنيون أن استخدام تقنيتين متعاقبتين للترميز قد أضـاف تحسيناً في الأداء.



شكل 16-21 مخطط صندوقي لتجهيزات وصلة صاعدة رقمية DTH

تقوم تقنية (FEC) بإضافة رموز زائدة إلى الرسالة الأصلية، وعلى الرغم من أن ذلك يزيد من معدل الإرسال وعرض الحزمة، غير أن الرموز المضافة تمنع ضجيج القناة من إضافة رموز أخرى بحيث تقضي على "وحدانية uniqueness" الرسالة. ويستخدم كاشف الترميز رموز FEC لإعادة تشكيل المعطيات بعد استقبالها.

يعبر عن النوع الأول من الترميز FEC ويدعى Verbiti code كنسبة مثل 3/4،1/2 أو 7/8، ويدل الرقم في الصورة على عدد الرموز الأصلية التي تدخل إلى المرمز بينما يشير الرقم في المخرج إلى عدد الرموز المصححة الخارجة من المرمز. وهكذا فإن FEC ذو 7/8 يعني بأن هناك رمزاً واحداً للتصحيح خارجاً مع كل ثمانية رموز.

في النوع الآخر من ترميز FEC الذي يسمى Reed-Solomon تتم بإضافة رموز عشوائية إلى كتل blocks أو سلاسل مستقلة من أرقام ثنائية، ويقوم المرمز بهذه المهمة وذلك بالنظر فقط إلى الرموز التي تشكل سلاسل منفردة من خانات رقمية وتستخدم تقنية (Reed-Solomon) 188 ثمانية من كل كتلة تحتوي على 204 ثمانية من أجل إرسال معلومات الإشارة الأصلية. ويستخدم كاشف الترميز لهذه الطريقة خوارزمية لحل مجموعة من المعادلات الجبرية تعتمد فحص التشابه لكتلة مسترجعة. وهذه الطريقة جيدة لكشف وتصحيح خانة خطأ مولدة من ضجيج يمكن أن يكون ناشئ عن ضجيج الاحتراق في السيارات أو أفران الأمواج الميكروية التي تعمل قريباً من المستقبل.

إن أنظمة تصحيح الأخطاء مثل Verbiti التي تقارن بين الكتل المرسلة إلى المستقبل/الكاشف IRD والكتل المستقبلة فعلياً للمساعدة في تصحيح أي من الأخطاء المرسلة تسمى بأنظمة الترميز الملتف Convolutional Coding. حيث يحتوي المرمز على دارة عزل Buffer تقوم بمسك الرسالة التي تم ترميزها ضمن ذاكرة لتكون بمثابة معطيات مرجعية، وهذا النوع من الترميز فعال بشكل خاص لتصحيح الأخطاء الناجمة عن الضجيج الحراري.

لدى الحديث عن أنظمة تصحيح الأخطاء، وفي حال وجود أكثر من مرمز حيث خرج المرمز الأول يربط إلى المرمز الثاني، عند ذلك يسمى الأول بالمرمز الداخلي inner code والثاني بالخارجي outer code وغالباً ما يستخدم نظام MPEG-2 تقنية Verbiti بمستوى ترميز 2/1، 4/3، 6/5 أو 8/7 كترميز داخلي وتقنية Reed-Solomon كترميز خارجي.

الموازنة Trade-off في الإرسال الرقمي

كما ورد سابقاً فإن معدل تدفق الرموز، ومعدل تصحيح الأخطاء غالباً ما يتبدل من مجموعة رقمية إلى مجموعة تليها، السؤال هو كيف يتم ذلك؟ إن المعدل الأعظمي لتدفق الرموز هو تابع لعرض حزمة المجيب transponder على التابع الصنعي.

يتم حساب ذلك من العلاقة التالية:

المعدل الأعظمي لتدفق الرموز = BW/1.2 عرض الحزمة

فمثلاً، من أجل عرض حزمة مجيب 33 ميغاهرتز يكون المعدل الأعظمي لتدفق الرموز 33/1.2 = 27.5 ميغا رمز/ثانية.

لنفرض بأن المبرمج يستخدم معدل تصحيح أخطاء مباشر FEC مساوياً 3/4 ، ويكون معدل الخانات الرقمي:

27.5 Msy m/s × 2 = 55 Mbit/s

2 خانة لكل رمز في التعديل QPSK

وبفرض أن الترميز الداخلي FEC من نوع 3/4 يكون:

55×3/4 = 41.25 ميغاخانة/ثانية

والترميز الخارجي Reed-Solomon(FEC)

41.25 X 188/204 = 30.015 ميغاخانة/ثانية

في مثال آخر، سوف نستبدل فقط معدل FEC من 3/4 إلى 1/2 لإظهار كيفية تأثير ذلك على الخانات المتوفرة لإرسال الإشارة.

55 × 1/2 = 27.5 ميغاخانة/ثانية.

27.5 × 188/204 = 25.343 ميغاخانة/ثانية.

على الرغم من أن معدل تصحيح الأخطاء حين يساوي 1/2 يؤدي إلى إشارة متينة جداً، غير أنه سوف يقلل وبشكل حاد من عدد البرامج التي يمكن إرسالها على المجيب، وعلى صانع القرار أن يوازن بين الرغبة في الحصول على إشارة متينة والحاجة لإرسال أكثر ما يمكن من البرامج لاستثمار أمثلي من الناحية الاقتصادية.

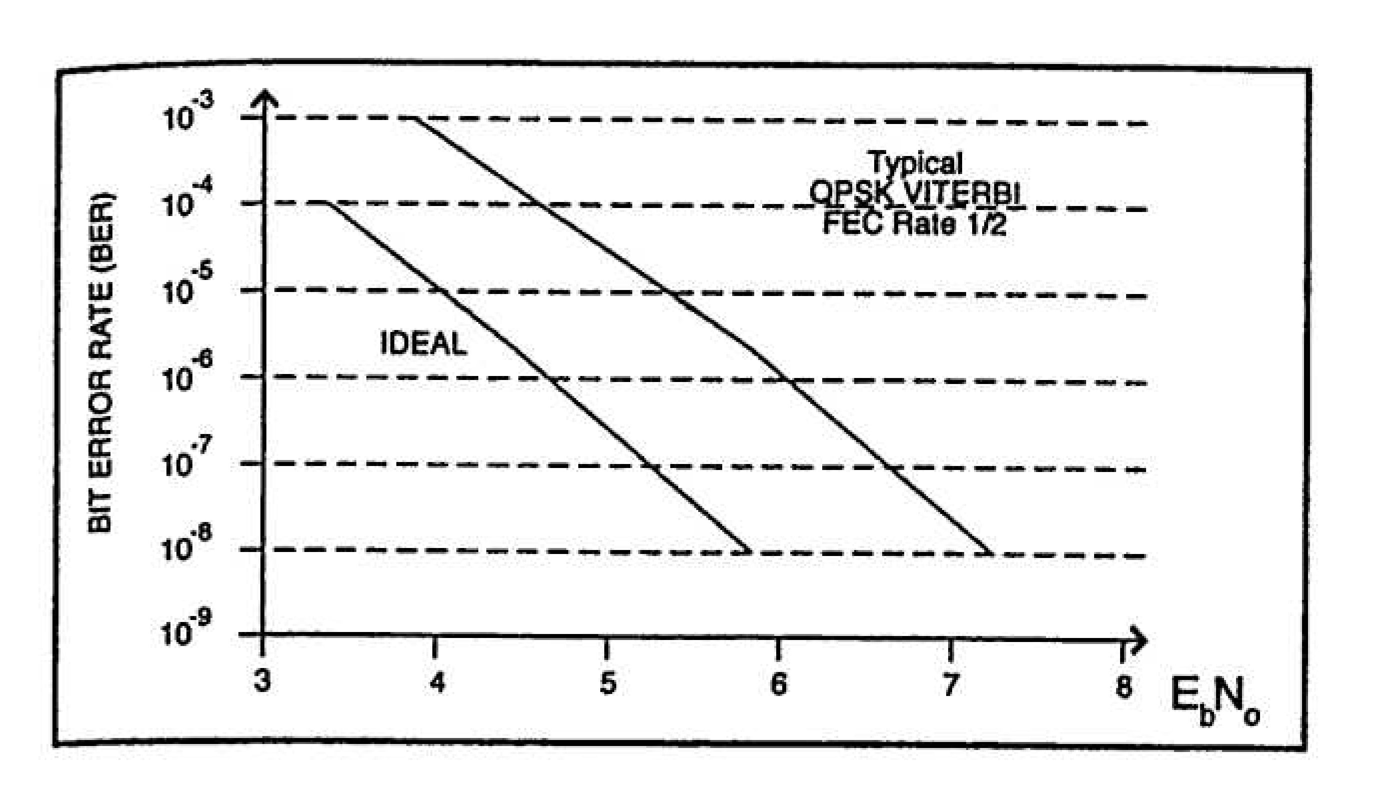
معدل خطأ الخانة Bit Error Rate والنسبة E_b/N_0

إن معدل خطأ الخانة (BER) يقدر كمياً مستوى الأداء في الإرسال الرقمي،فحين يكون BER مساوياً 1×10^{-3} فذلك يعني احتمال حدوث خطأ في خانة واحدة من بين 1,000 خانة، وعندما يكون معدل الخطأ 5×10^{-5} فهو أفضل من 9×10^{-4} لأن احتمال حدوث الخطأ أضعف في الحالة الأولى. ويمكن

أيضاً التعبير عن مستوى الخطأ على الشكل 5E-4 أو 3E-3 وهذا يكافئ تماماً كتابة 5×10^{-4} أو 3×10^{-3}.

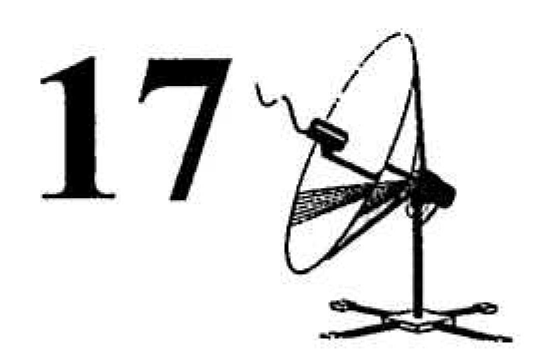
إن القياس الكمي للوصلة الرقمية للأقمار الصنعية هي النسبة E_b/N_0 وتشير إلى نسبة طاقة الخانة إلى كثافة الضجيج (شكل 22-16). للتعديل QPSK ميزة هامة إذ أنه يحقق معدلاً معيناً لخطأ الخانة (EPR) عند مستوى E_b/N_0 ضعيف نسبياً وذلك لدى استخدامه في الحزم الترددية العريضة كما هو الحال في الاتصالات الفضائية.

شكل 22-2



إن النسبة E_b/N_0 التي يعبر عنها بالديسيبل، تمثل نسبة الإشارة إلى الضجيج في نظام الاستقبال، لتقدير أهمية هذه النسبة بطريقة أخرى، يمكن القول أنه كلما زادت النسبة E_b/N_0 كلما نقص عدد خطأ الخانة، ويستخدم تصحيح الخطأ للحصول على Bit Error Rate (BER) معين من أجل أدنى قيمة للنسبة E_b/N_0.

إن المواصفات المطلوبة في أنظمة DVB هي أن لا يتجاوز خطأ الخانة في أسوأ حالة القيمة 1E-11 وهذا يعني قبول خطأ في خانة واحدة على الأكثر في تدفق معطيات 38 ميغاخانة/ثانية وذلك خلال 45 دقيقة، أو ليس أكثر من خطأ في خانة واحدة في برنامج تلفزيوني رقمي 8 ميغاخانة/ثانية وذلك كل 3.5 ساعة.



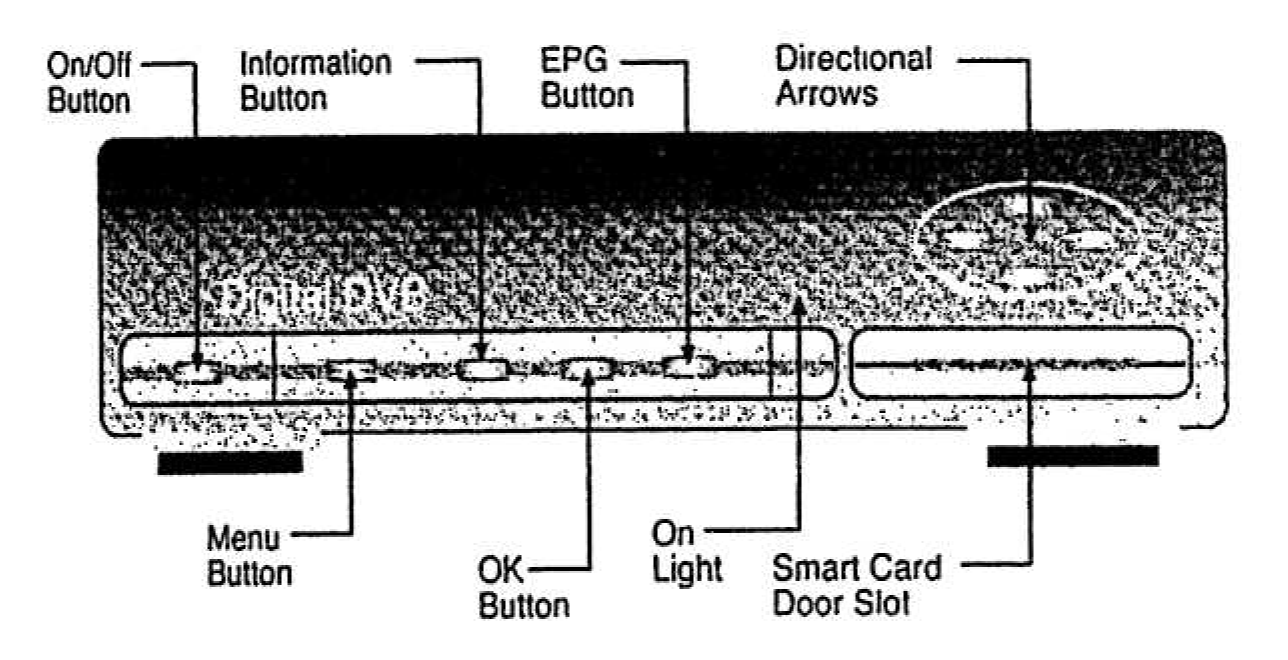
17

المستقبل/كاشف الترميز المتكامل (IRD)

هناك تمايز كبير واختلاف هام بين التلفزيون الفضائي المرسل بنظام تشابهي وذلك المضغوط رقمياً. فإشارات الاتصالات التشابهية هي أمواج كهرطيسية ذات طاقة تتغير شدتها (في التعديل السعوي AM) و/أو ترددها (في التعديل الترددي FM). في حين يرسل التلفزيون الرقمي الإشارات وفق نظام بديل، مؤلف من سلاسل من الأعداد الثنائية أو الخانات التي تتوافق مع حالات (1) On و(0) Off للدارات المنطقية للحاسوب.

هناك منتج وحيد حالياً استطاع تقديم مستقبل تلفزيوني فضائي يجمع الإشارات التشابهية والرقمية، إنه المستقبل 4DTV IRD الذي طورته شركة General Instruments والذي يمكنه أيضاً التعامل مع نظام التعمية التشابهي Video Cipher RS ونظام التعمية الرقمي Digi Cipher.

لفهم النقلة النوعية التي أحدثتها المستقبلات الرقمية في طريقة رؤية التلفزيون الفضائي، لا بد من المقارنة بين كاشف الترميز/المستقبل الرقمي IRD وأجهزة الاستقبال التشابهي لتوضيح مزايا المستقبل الرقمي (الأشكال 17-1 و 17-2).



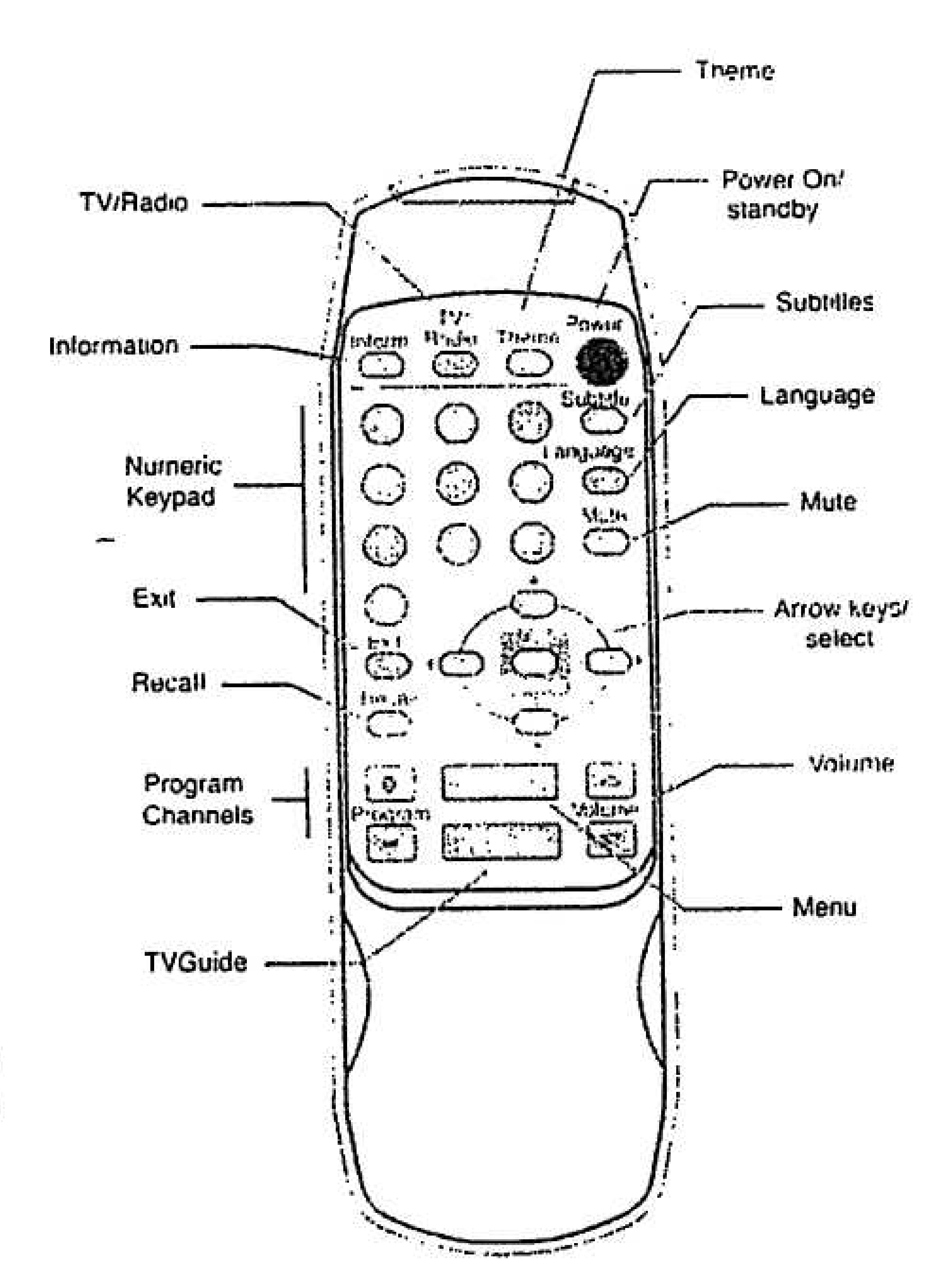
شكل 17-1 مستقبل/كاشف ترميز متكامل IRD

المستقبلات التشابهية للتلفزيون الفضائي

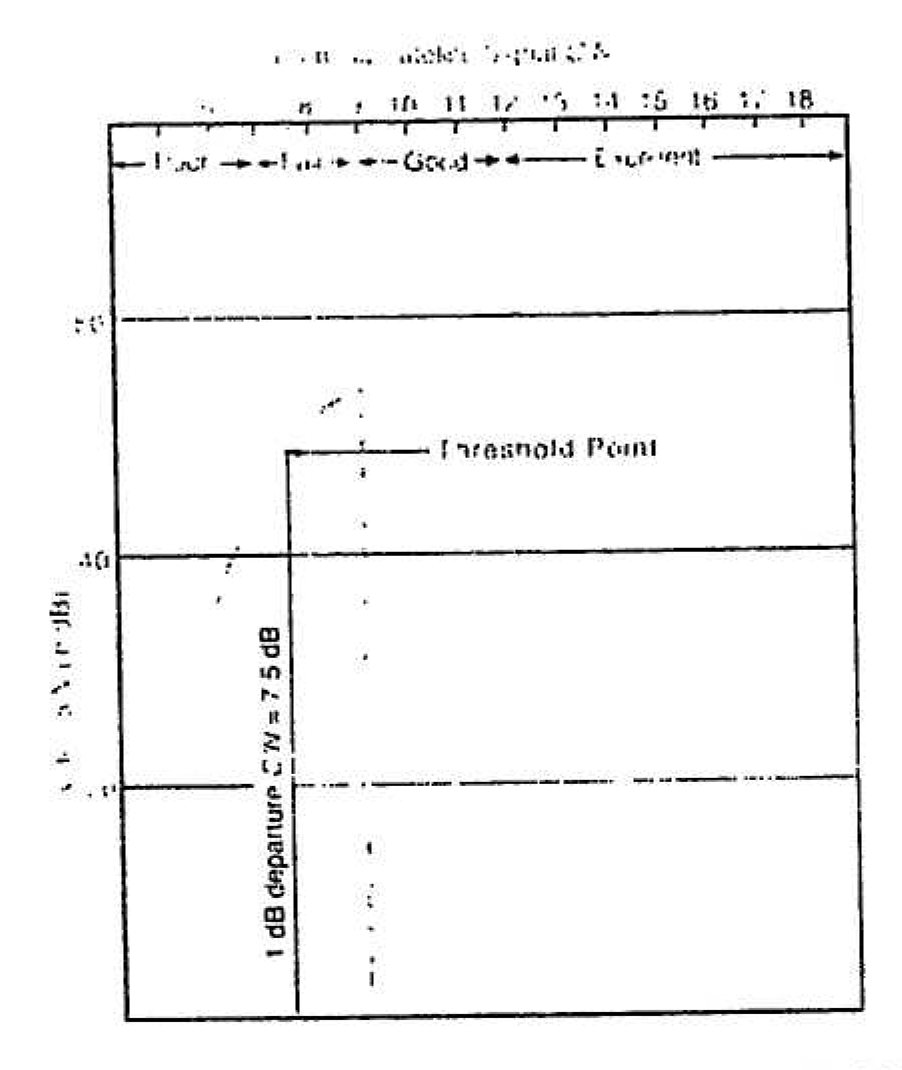
إن ما يحدد قيمة مستقبل تشابهي للتلفزيون الفضائي هو ما يقدمه من مزايا للمشاهد. فبعض المستقبلات على الرغم من رخص ثمنها تمكن من إظهار صورة تماثل في جودتها إن لم تكن أفضل تلك التي توفرها أغلى أنواع المستقبلات شريطة أن يتذكر المشاهد ويقوم بتنفيذ عددٍ من الخطوات الصغيرة الضرورية لتوليف المستقبل لالتقاط إشارات لقنال معينة من تابع صنعي معين.

ويمكن النظر إلى جهاز التحكم عن بعد للمستقبل على أنه يشبه لوحة المفاتيح في الحاسوب، إذ يستطيع المشاهد استخدامه ليحقق رغبته في مشاهدة ما يشاء. في الحقيقة يجب اعتبار المستقبل الفضائي بمثابة حاسوب ذو مهمة خاصة، إذ يحتوي على معالج متطور ودارات حفظ في الذاكرة، وكل مستقبل يحمل ببرنامج لدى تصنيعه يمكنه من استقبال مختلف الأقنية المتوفرة على التوابع الصنعية في حينه.

تعمل جميع المستقبلات الفضائية على الحصول على أكبر قيمة ممكنة للإشارة القادمة من القمر الفضائي بينما تقوم بتخفيض كمية الضجيج المتولدة عن مصدر خارجي أو ذاتية المنشأ، أي من الدارات الإلكترونية المكونة للنظام.



شكل 17-2 تحكم عن بعد يعمل بالأشعة تحت الحمراء



شكل 17-3. نقطة العتبة في المستقبل التشابهي للتلفزيون الفضائي هي النقطة التي تصبح عندها العلاقة بين S/N وC/N غير خطية.

يعرف رقم الاستحقاق figure of merit لمستقبل تلفزيوني فضائي بأنه نقطة عتبة Threshold يعبر عنها بالديسيبل (dB) من أجل نسبة حامل إلى ضجيج C/N معينة (شكل 17-3). وكلما اقتربت هذه النسبة لنظام الاستقبال من نقطة العتبة، كلما ظهرت ومضات على الصورة. ويكون المستقبل ذو أداء أفضل من أجل الإشارات الضعيفة عندما تكون نقطة العتبة أنخفض.

يمكن إيجاد العلاقة الرياضية بين C/N وS/N إذا تم تحويل C/N المقدرة بالديسيبل إلى C/N_0 (كثافة استطاعة الضجيج مقدرة dB/MHz).

$$C/N_0 = C/N - 10\text{Log}/B_n$$

حيث B_n = عرض حزمة التردد المتوسط في المستقبل

$$S/N = C/N_0 + 22.6(\text{dB})$$

إن نقطة العتبة في المستقبل تتراوح من 6.5 إلى C/N 10dB ولكن لا يمكن الاعتماد على هذه الخاصية لتقييم المستقبل إذ أن المصنعين لا يعتمدون جميعهم نفس الطريقة في قياس هذا المعامل وبالتالي فإن أفضل طريقة لمعرفة أداء المستقبل تكون بربط الجهاز إلى هوائي له نفس قطر هوائي المشاهد ورؤية الصورة الملتقطة مباشرة من العديد من الأقمار الاصطناعية.

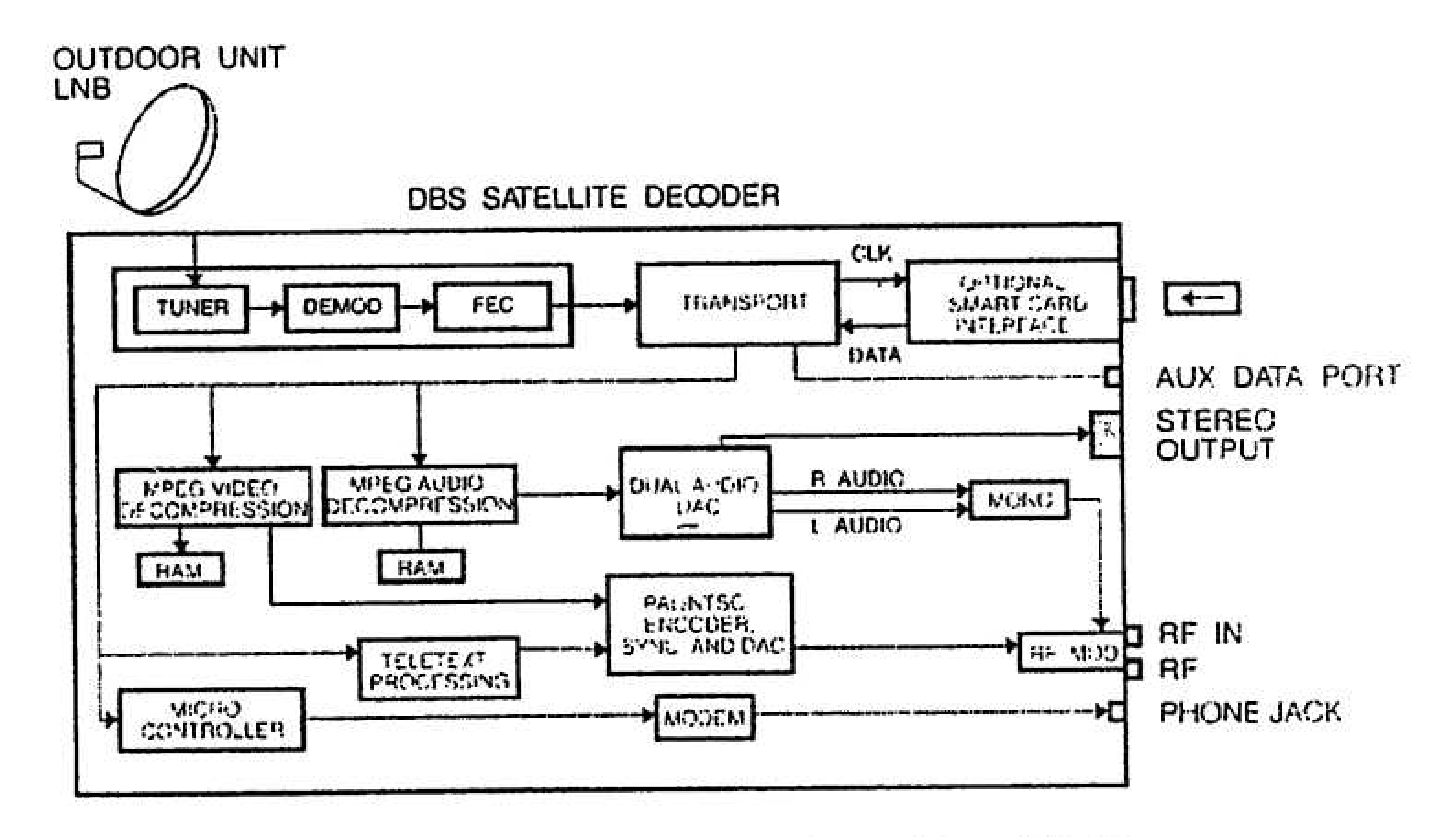
المستقبل/كاشف الترميز الرقمي IRD

على النقيض من الأقنية التشابهية التي تحتل كل منها مجيب transponder بمفردها، تشكل الأقنية الرقمية جزءاً من مجموعة برامج تؤلف مجموعة موحدة تنتج عن ضغط إشارات الصورة والصوت وتشترك جميعاً بدليل برمجي إلكتروني (EPG) وبمعلومات تشغيل؛ إضافة لتشفير موحد. هذه المجموعة الموحدة يتم إرسالها عبر مجيب أو أكثر على نفس التابع الصنعي. إن وجود عناصر مشتركة بين الأقنية التلفزيونية الرقمية هو ما يشكل حزمة "bouquet" رقمية موحدة.

بعض الحزم تبث حرة في الهواء، بينما يتم تشفير بعضها لمنع استقبالها دون ترخيص، ولالتقاط الأقنية المشفرة، يجب توفر مستقبل/كاشف ترميز رقمي IRD (شكل 17-4)؛ واشتراك ساري المفعول وغالباً بطاقة smart.

إن الأنظمة MPEG-2 وDVB لا تقدم أية معلومات حول الوصول الشرطي Conditional access (CA)؛ ولكل مبرمج له حرية اختيار نظام CA الذي يلبي حاجاته.

ولكن هناك ما يمنع IRD من استقبال مجموعات رقمية تشترك بنظام CA؛ وذلك بسبب الاختلاف في معدل الإرسال بينها؛ إضافة إلى التغيرات في شكل الترميز MPEG الذي يتم اختياره حسب رغبة المبرمج.



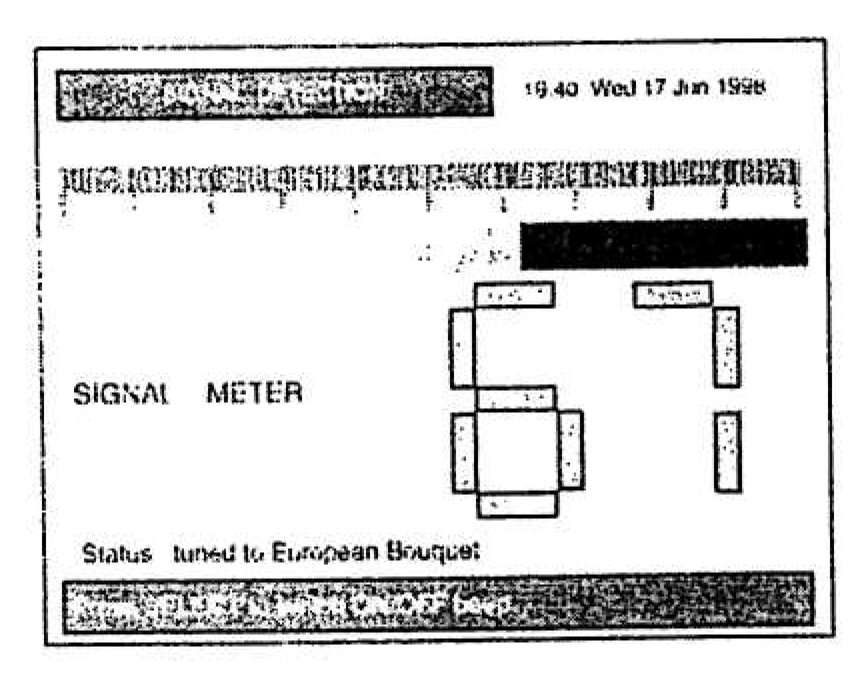
شكل 17-4 مخطط صندوقي لكاشف ترميز/مستقبل متكامل رقمي

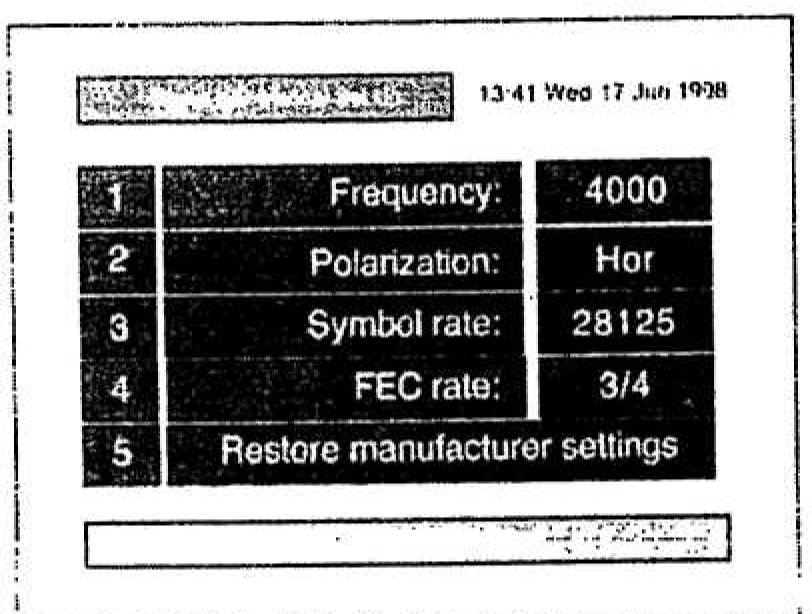
قبل الإرسال عبر التابع الصنعي، يتم تحويل الخانات إلى رموز، حيث تشترك كل خانتين لتشكيل رمز، ويتراوح معدل الرموز في الإرسال DVB من عدة ملايين إلى 30 مليون رمز كل ثانية وذلك حسب عدد الأقنية في المجيب الواحد. وينبغي على IRD الرقمي أن يكون قادراً على التوليف على معدل الرموز المستخدم تماماً من أجل إرسال DVB معين ليستطيع كشف ترميز الإشارة. فمثلاً لا يمكن لجهاز IRD مخصص لمجال من 15 إلى 30 Msym/s كشف ترميز إشارات رقمية مرسلة بمعدل رموز أدنى.

من جهة ثانية، تستخدم كل مجموعة رقمية تصحيح أخطاء مباشر (FEC) ذو قيمة معينة لتحسين الإشارات الخاصة بها، وتستخدم المعدلات 1/2 ، 2/3 ، 3/4 ، 4/5 ، 5/6 و 7/8 في الأنظمة الرقمية المختلفة في العالم، ويجب على المستقبل/كاشف الترميز IRD أن يكون قادراً على التوليف أو الاختيار الآلي لمعدل تصحيح الأخطاء الذي يسعى لاستقباله (شكل 17-5).

هناك فروقات كبيرة بين IRDs التشابهية ونظائرها الرقمية، فمعظم الأجهزة الرقمية مبرمجة في المصنع لاستقبال مجموعة أقنية رقمية من تابع صنعي واحد. وهذه البرمجة تتضمن التردد المركزي للمجيب، وشكل الاستقطاب، إضافة لمعدلات الرموز ومعدل تصحيح الأخطاء الخاصة بالأقنية، لذلك فإن الانتقال من قمر إلى آخر أو تغيير المجيب أو الاستقطاب كلها أمور لا معنى لها، إذ أن استخدام IRD رقمي هو أشبه بتشغيل التلفزيون العادي، حيث يكفي انتقاء القناة والاستمتاع بها لا أكثر.

حالما يتم التركيب، سوف يضبط جهاز IRD آلياً على المجيب المبرمج من قبل المصنع "default transponder" ويصل إلى Electronic Program Guide (EPG) معلومات التشغيل ومعطيات CA التي يحتاجها ومن ثم يبدأ بتأمين الإشارات إلى جهاز التلفزيون.





شكل 17-5 يجب أن يكون التردد المركزي للمجيب، الاستقطاب، معدل الرموز، معدل تصحيح الأخطاء (FEC) لمجموعة الأقنية الرقمية موضوعة عند القيم الصحيحة قبل أن يتمكن IRD من استقبال القناة المطلوبة. كذلك يجب برمجة تردد المذبذب المحلي (LO) لكتلة LNB سواء في المصنع أو من قبل الفني الذي يقوم بالتركيب.

إن معلومات التشغيل تتضمن معطيات عن تعريف الصورة (PID) وتعريف الصوت (SID) المنقولة عبر التابع الصنعي بحيث تساعد جهاز IRD بتحديد كل قنال على المجموعة الرقمية. وليس على المشاهد سوى اختيار القنال ويقوم

جهاز IRD بالباقي. وإنه إذا حدث تغير لموقع القنال في المجموعة لأي سبب كان، فإن المعطيات عن معلومات التشغيل المرسلة عبر التابع الصنعي إلى جهاز IRD سوف يعلن عنها آلياً وأي تغير من هذا النوع سوف يظهر للمشاهد.

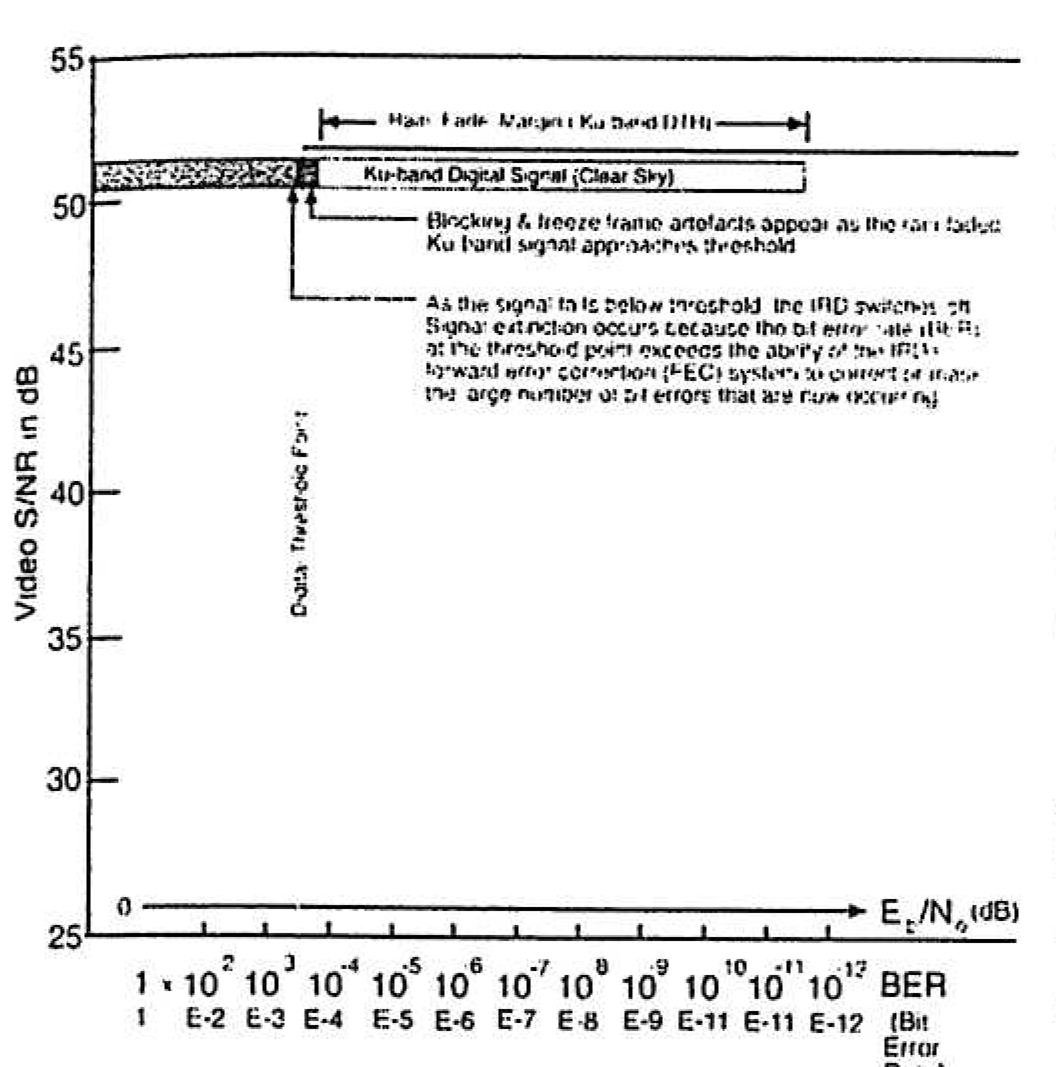
لا يوجد في جهاز IRD الرقمي أي دارة مدمجة لخفض الضجيج أو مرشحات للتداخلات الأرضية ينبغي على المشاهد ضبطها. وذلك يعود للفروقات الكبيرة بين الإرسال التشابهي والرقمي. إن تقليص عرض الحزمة في التلفزيون التشابهي يجعل الصورة أفضل لتحسين نسبة الحامل إلى الضجيج C/N . لكن لا يمكن اعتماد هذه الطريقة في الإشارة الرقمية دون فقدان عناصر هامة من الإشارة.

إن العتبة Threshold في جهاز IRD الرقمي مختلفة تماماً عن العتبة التشابهية (شكل 17-6)، إذ أن النسبة C/N في الإشارة التشابهية يمكن أن تكون أقل من نقطة العتبة وتصبح الصورة سريعاً قليلة الوضوح ولكنها تبقى قابلة للرؤيا، أما الصورة الرقمية فهي إما أن تكون ممتازة أو لا توجد صورة على الإطلاق.

إن من أهم مزايا تقنية النظام الرقمي أنه يقدم دليل برنامج إلكتروني (EPG) لجهاز IRD، ويستطيع المشاهد بسرعة معرفة ما سوف يعرض على الأقنية في المجموعة الرقمية وسوف لن يحتاج إلى المجلات الورقية التي تعلن عن البرامج سوى إن أراد معرفة ما ستقدمه المحطات على مدى أسابيع قادمة.

هناك العديد من أجهزة IRD الرقمية التي تسمح للمشاهد بتغيير معاملات التشغيل المبرمجة في المصنع، لكن ذلك يتطلب كثيراً من المهارة، خصوصاً إذا احتاج الأمر لتغيير الحزم الترددية. قليل من المشاهدين الهواة يستمتعون بممارسة هذه الهواية ويسعى المصممون لجعل ذلك ممكناً في الأجهزة المستقبلية، بانتظار ذلك يجب التركيز على أن IRD الرقمي متلائم فقط مع مجموعة الأقنية الرقمية التي سعى المشاهد للاشتراك بها.

إن ما يقيم قناة تشابهية هو نسبة الحامل إلى الضجيج أو C/N، ويمكن استخدام محلل الطيف لقياس النسبة C/N لنظام استقبال فضائي. وهذه تمثل الفرق بالديسيبل بين قمة الحامل ومتوسط مستوى الضجيج المختفي تحت الإشارة. ولتقدير ذلك، يقوم الفني بقياس شدة الحامل ومن ثم يتم استبعاد الهوائي لإظهار الضجيج فقط وقياسه، وينبغي الأخذ بالاعتبار عوامل تتعلق بعرض الحزمة للإشارة الفضائية إضافة لعرض حزمة المرشح في محلل الطيف وإجراء التصحيح الحسابي الناجم عن هذه المعاملات. فمثلاً وكما يمكن رؤيته على شاشة محلل الطيف، يكون مطال إشارة الحامل ‎-54 dB، بينما مستوى الضجيج هو ‎-72 dB ولحساب عامل التصحيح بالنسبة لمحلل الطيف المستخدم، يؤخذ حاصل قسمة عرض الحزمة الترددية للمجيب إلى عرض الحزمة الترددية للمرشح في محلل الطيف وتضرب بالعامل 1.5. (لكل محلل طيف طريقة قياس C/N خاصة به، وأيضاً يختلف عرض حزمة المرشح وعامل التصحيح.) فإذا كان عرض حزمة المجيب 36 ميغاهرتز، وعرض حزمة المرشح لمحلل الطيف 8 ميغاهرتز، حينئذ يكون عامل التصحيح مساوياً (36/8) × 1.5 أو 6.75.



شكل 17-6 تُعرِّف العتبة في المستقبل الرقمي للتوابع الصنعية من أجل معدل خطأ خانة (BER) معين. وإن خفض مستوى الإشارة الواردة (E_b/N_0) لا يؤثر على نسبة الإشارة إلى الضجيج (S/N) لإشارة الفيديو بل إن معدل تدفق الخانات هو الذي يحدد جودة هذه النسبة. كذلك تتحدد دقة الإظهار لكل قناة تلفزيونية بمعدل تدفق الخانات ووضوح الإطار المخصص لكل حزمة تلفزيونية منفردة ضمن الـ MPEG-2 الرقمي. ويحدث تجميد الإطار حين تقترب إشارة التابع الصنعي من نقطة العتبة قبل القطع النهائي لعمل IRD وذلك أثناء الخفوت الناتج عن المطر في الحزمة -Ku.

الضجيج الحقيقي يساوي حاصل المجموع الجبري للضجيج الأرضي المقاس مضافاً إليه عامل التصحيح ‎(-72 dB + 6.75 = -65.25، وتكون النسبة C/N هي الحامل منقوصاً منه الضجيج الحقيقي.

C/N : - 65.25 dB – (- 54 dB) = 11.25 dB

القياس الكمي لقناة رقمية هو نسبة طاقة الخانة bit energy إلى كثافة الضجيج noise density أو E_b/No. وهذه تمثل نسبة الإشارة إلى الضجيج الذي يحققه نظام الاستقبال. وبطريقة أخرى يمكن تقدير أهمية Eb/No بمعرفة أن عدد أخطاء الخانة (BER) يصغر كلما كبرت هذه النسبة. وإن تصحيح الخطأ المباشر هو المستخدم لتحقيق BER معينة من أجل E_b/No أصغر ما يمكن.

إن النسبة E_b/No هي حاصل قسمة استطاعة الحامل C على معدل تدفق المعطيات Data rate (f_b). وبما أن E_b وf_b مرتبطان مع بعضهما لذلك فسوف يتضمنان معاً أو يستبعدان معاً تصحيح الخطأ المباشر، وهكذا فإن عملية طرح بسيطة يمكن أن تحل المسألة حين تكون القيم محولة إلى الديسيبل:

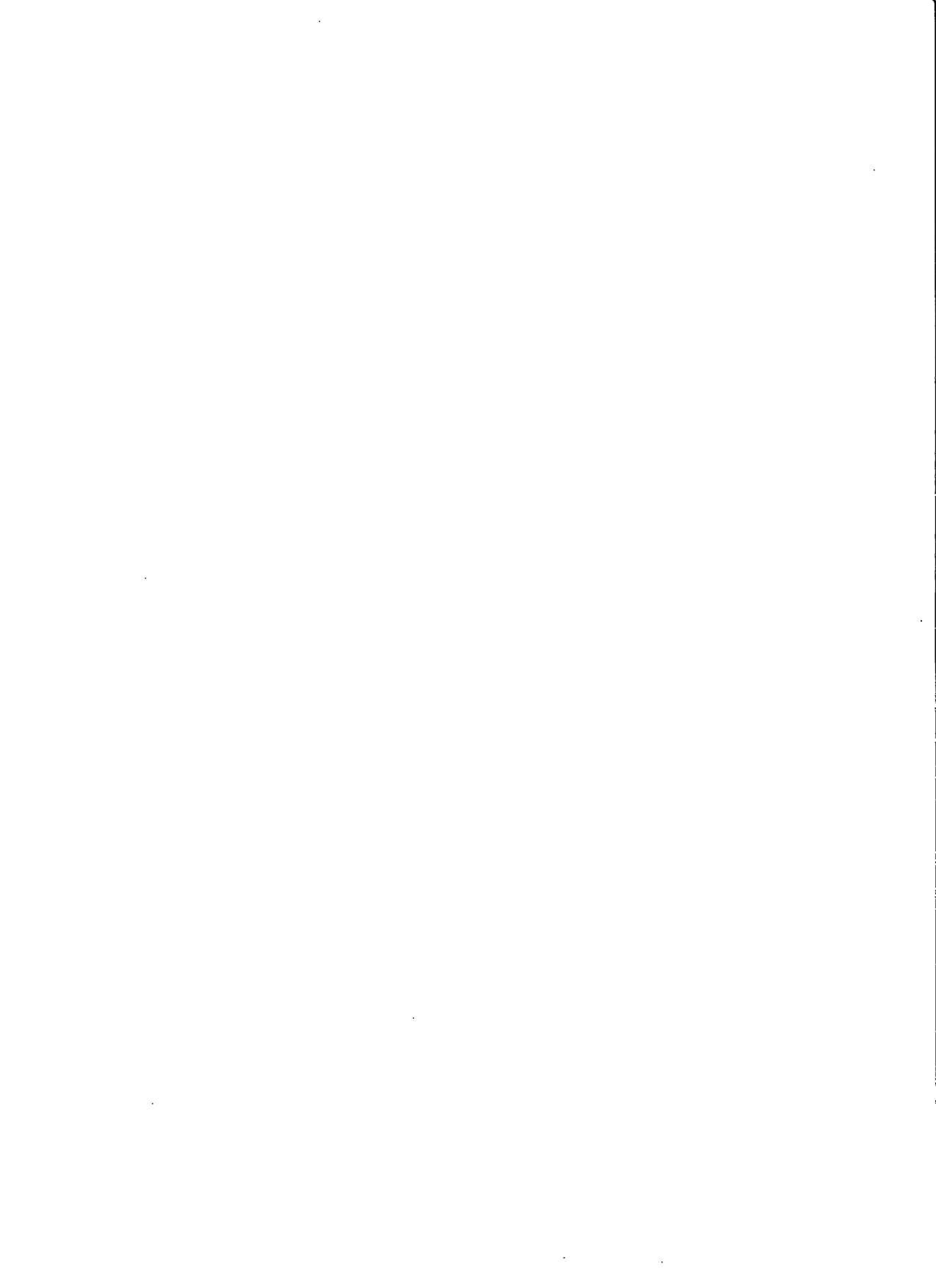
$$E_b/No = C\ (dBm) - No\ (dBm/Hz) - 10 \log f_b$$

إن التداخل الأرضي الذي ينشأ من محطات الإرسال الهاتفية، المطارات، وأيضاً الرادارات العسكرية، يمكن أن يعيق أو حتى يمنع الاستقبال من التوابع الصنعية. وتظهر إشارة التداخل على شاشة محلل الطيف حين يتم توجيه كتلة LNB باتجاه محطة هواتف ميكروية محلية. في بعض المواقع، تكون إشارة التداخل وكأنها قناة ذات حزمة تمرير ضيقة، في هذه الحالة، يمكن إزالة التداخل باستخدام مرشحات تمرير حزمة خاصة ضمن المستقبل،

وفي حالات أخرى، قد يكون التداخل أكثر تعقيداً بوجود حوامل متعددة ومتداخلة بعضها ببعض.

يفضل دائماً مسح أي موقع يتم اختياره مبدئياً لتركيب النظام وذلك بالاستعانة بمحلل الطيف، وهكذا ننتبه مبكراً إلى مسائل التداخل المحتملة والتي يصعب معالجتها أحياناً فيما بعد. وأيضاً نستكشف النقطة التي يكون فيها التداخل أقل ما يمكن. فمثلاً أسطحة المنازل تكون أكثر حساسية لتداخل الأمواج الميكروية من الأرض المحيطة بها.

يختار بعض الفنيون، استخدام فاحص هوائي محمول مع محلل طيف للتأكد من قوة الإشارة وجاهزيتها قبل تركيب قرص الهوائي لدى الزبون، وبعضهم الآخر يعتمد على الخرائط المتوفرة لتغطية المواقع من إشارات الأقمار الفضائية لتحديد قوة الإشارة في الموقع المختار، ويمكن الحصول على المعلومات المفيدة حول الأقمار الفضائية من شبكة الإنترنت .



18

الطرق الأساسية في التعمية

إن الغاية من هذا الفصل هي تزويد القارئ بفهم التقنيات الأساسية المستخدمة في التعمية والتشفير. وإن كل من هذه التقنيات مستقلة بذاتها. وليست أغلبية أنظمة التعمية المتوفرة في السوق سوى تداخلاً بين هذه التقنيات. ففي حين تقوم أنظمة التشفير والتعمية بذات المهمة من حيث جعل الإشارة التلفزيونية غير صالحة للاستخدام، غير أنهما مختلفان تماماً. إن التشفير يقوم على تغيير عناصر الإشارة أو استبدالها بقيم أخرى، في حين يتم إعادة ترتيب هذه العناصر أو عكسها فقط في عملية التعمية، وفي الحالتين لا يستطيع المستقبل التلفزيوني عرض إشارة ليست لها شكل قياسي.

إن الأنظمة الرائدة في شمال أمريكا كانت تستخدم طرق تعمية بسيطة و ضعيفة الأمان نسبياً، حيث كان القراصنة قادرين على فك هذه الطرق بعناصر قليلة وغير مكلفة. و لكن إدخال أنظمة Video Cipher و Oak Orion جعل طرق التعمية أكثر ضماناً وبذلك انتشرت المنتجات في الأسواق.

لم ولن توجد نهاية قريبة لعمليات فك التعمية، فهذه الأنظمة ولدت "حرباً" جديدة بين القراصنة والمصممين. وكثير من المدراء من غير التقنيين تنتابهم المفاجأة وأحياناً الصدمة حين يتبينوا اندحار التقنية العالية بسهولة نسبية.

حتى بضع سنوات مضت، كانت أغلب الأنظمة في أوربا تعتمد طرقاً بسيطة للتعمية. وقد كانوا عموماً يقومون بعكس مكونات الإشارة التلفزيونية مثل التزامن أو قطبية الفيديو. ولكن إدخال أنظمة معالجة مثل MAC,Video Crypt جعل الأمر أكثر تعقيداً.

بدأت القضية في أوربا وانتقلت إلى العديد من الدول كوسيلة للكسب المادي، والحقيقة أن أوربا التي تضم مناطق تخضع لقوانين مختلفة قد زاد المسألة تعقيداً. فمثلاً، من غير المشروع في أيرلندا فك التعمية لقنال مرسلة فضائياً أصلها أيرلندي، في حين يعتبر الكثيرون أن ذلك مقبولاً إذا كانت القنال الفضائية تعود لبلد آخر.

إن أنظمة التعمية سوف يتم اختراقها دائماً والقرصنة ستوجد باستمرار. وفي حين ترفضها الأخلاق غير أنها من قوانين الحياة. لذلك يتم ادخالها في كلفة الاشتراكات. وإن الدفاع الوحيد ضد الاختراقات هو في البنية المرنة التي تسمح بالتعديل. فالأنظمة التي تعتمد نظام Smart هي خطوة في الاتجاه الصحيح ولكن تم اختراقها على الرغم من إدعاء البعض بأنها تؤمن الحماية التامة ويبقى هذا الكتاب تقني وليس لتهذيب الأخلاق.

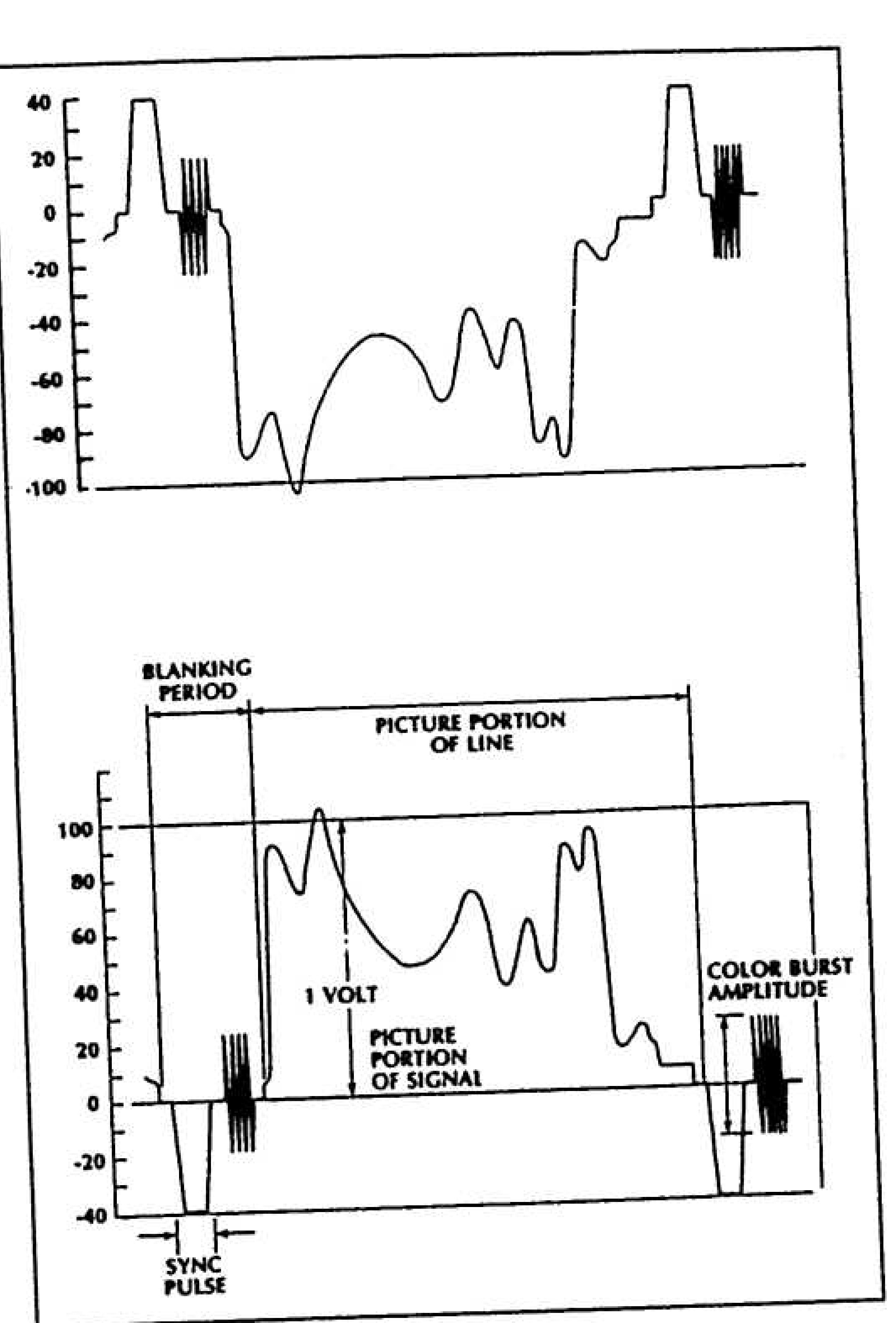
من الطبيعي أنه لن توضع نهاية للقرصنة حتى باعتماد أفضل التصاميم، فلا يوجد نظام غير قابل للاختراق. ولكن وجود تطبيق عملي لا بأس به مع حلول تقنية رفيعة المستوى تضاف إلى قواعد قانونية يجعل المبرمجين يحصلون على حقوقهم وتعويضاتهم المستحقة.

تقنيات التعمية لإشارة الفيديو

١. قلب إشارة الفيديو.

المبدأ: قلب كلي لشكل موجة الفيديو والتزامن.

إن استخدام طريقة قلب إشارة الفيديو كطريقة من طرق التعمية بدأت أساساً في أنظمة التعمية للتلفزيون الموزع بخط النقل المحوري وهو من الأشكال المعقدة نسبياً (انظر الشكل 18-1). وقد كان فعالاً في تأمين الحماية من الاختراق لأن جهاز الاستقبال التلفزيوني يجب تعديله لاستقبال إشارة فيديو ذات قطبية معكوسة مما يجعل الإشارة غير مشوهة.



شكل 18-1. قلب إشارة الفيديو. يتم قلب إشارة الفيديو للخط بشكل كامل وبذلك تصبح نبضات التزامن غير قابلة للمسك و تبدو معلومات الصورة سالبة. إن إشارة اللون تكون معكوسة أيضاً وهي مزاحة 180° درجة في الطور. هذا الشكل من التعمية سهل الاختراق لأن الكثير من مستقبلات الأقمار الفضائية تمتاز بوجود مفتاح على الواجهة الخلفية لقلب الاستقطاب.

2- إزاحة الموجة الجيبية للتزامن.

المبدأ: إضافة موجة جيبية لإشارة الفيديو عند تردد الخط أو أحد مضاعفات تردده.

هناك شكلان أساسيان لهذه التقنية: تردد الموجة الجيبية للخط ومضاعفات هذا التردد. وتكون طريقة العمل بسيطة في الحالتين، إذ يدفع جهد الموجة الجيبية المضافة نبضات التزامن إلى منطقة الفيديو في الإشارة، وينجم عن ذلك بأن يصبح المستقبل غير قادر على القفل أو التزامن وبالتالي تدمع الصورة أو تصبح غير ثابتة (انظر الشكل 18-2).

هذه الطريقة غير فعالة للتعمية في الارسال الفضائي حيث يكون عرض الحزمة محدوداً. إذ أن إضافة موجة جيبية يزيد من مطال إشارة الفيديو، وما لم يتم تضعيف الإشارة قبل التعمية لضمان بقائها في مستوى قياسي فإن إضافة الموجة الجيبية سوف تؤدي إلى زيادة في الانحراف Overdeviation وبذلك يتم تشويه الصورة.

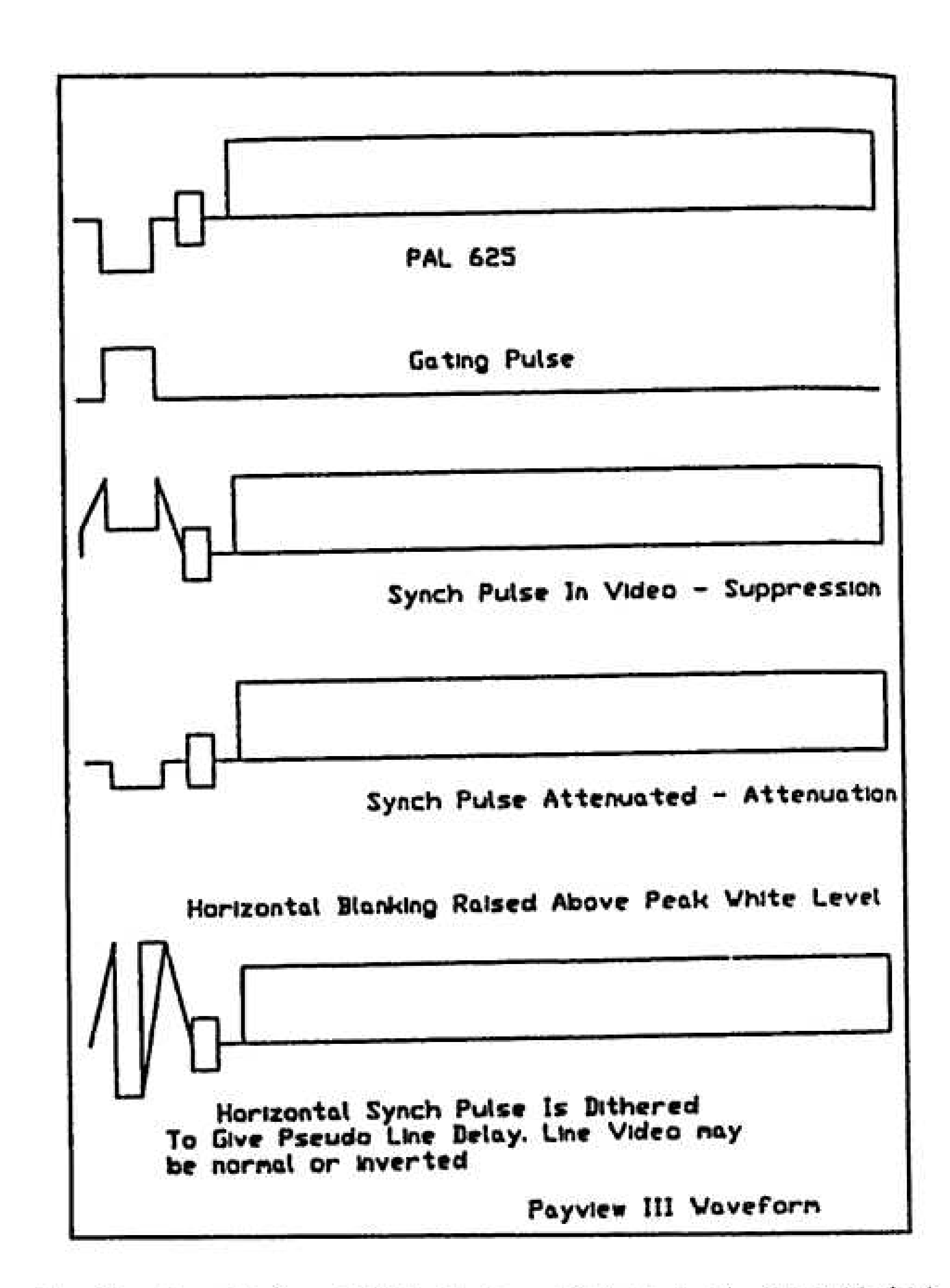




شكل 18-2 إزاحة التزامن بالموجة الجيبية. يتم إزاحة نبضات التزامن الأفقية والشاقولية إلى الأعلى وتدخل المنطقة الفعالة لإشارة الفيديو. والإشارة الجيبية تقوم أيضاً بتعديل إشارة الفيديو وهذا يعني بأن مطال إشارة الفيديو يجب أن يتم تخميده قبل التعمية بحيث تقع الإشارة المعماة ضمن حدود جهد الارسال ولا تستطيع دارة فصل التزامن في المستقبل التلفزيوني التمييز بين إشارة الفيديو ومعلومات التزامن.

3- إزاحة نبضة التزامن

المبـدأ: تدفـع نبضـات التزامن في منطقـة الفيديـو مـن الإشارة. ويمكن تطبيق هذه الطريقة علـى التزامن الأفقـي و/أو التزامن الشاقولي (انظر الشكل 16-3).



شكل 18-3 ضغط نبضات التزامن. في طريقة التعمية هذه، يتم إزاحة نبضات التزامن الأفقية والشاقولية نحو الأعلى إلى المنطقة الفعالة من إشارة الفيديو وذلك بواسطة نبضة التبويب. وبذلك لا تستطيع دارة فصل التزامن في المستقبل من التمييز بين إشارة الفيديو ومعلومات التزامن.

إن إزاحة نبضات التزامن يمكن أن تمنع فعلياً المستقبل التلفزيوني من القفل على الصورة. وبخلاف إزاحـة الموجة الجيبية للتزامن فـإن فترات التزامن هي فقط التي تتأثر في هذه الطريقة، وإن شكل الموجة التي تضاف إلى إشارة الفيديـو للتعمية هـي أساساً عبارة عـن قطار نبضات ومن هنا جاءت التسمية بإزاحة نبضة التزامن.

عندما يتم ارسال قطار النبضات الضروري لإزالة التعميـة عبى حامل ثانوي منفصل، حينئذ يستخدم تعبـير إزاحـة مُبَوبـة للتزامن Gated Sync Shifting.

4- استبدال التزامن

المبـدأ: يتم استبدال التزامن الأفقي و/أو العمـودي بموجـة غير قياسية (انظر الشكل 18-5).

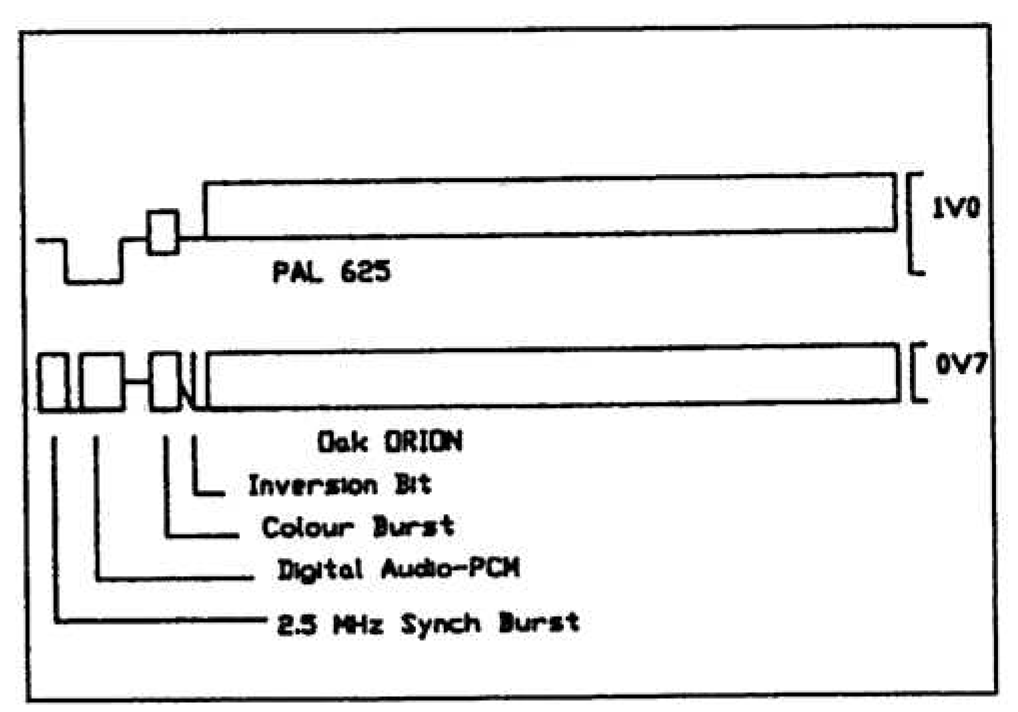
استخدمت هذه الطريقـة في التعميـة في أمريكـا الشـمالية وأوروبـا. وهـي واحـدة مـن الطـرق المستخدمة في أنظمـة Oak Orion و Video CipherII. ففـي نظـام ORION تتضمـن فـترة التزامن الأفقي بمجموعـة نبضـات تزامـن Sync Burst ذات تـردد 2.5 ميغـاهرتز متبوعـة بمجموعـة نبضـات معطيـات وفي نظام Video Cipher يتم استبدالها بالتزامن. إن معلومات التزامن الضرورية متضمنة بنبضات المعطيات.

و إن هذه التقنية ليسـت ذات وثوقيـة متميـزة، حيـث أن نبضات التزامن وحتى نبضات المعطيات يمكن كشفها بواسـطة هواة كشف التعمية. وإن الحلول الأقل كلفة تعتمـد علـى هـذه الإشارة المكتشفة لتشكيل إشارة تزامن باستخدام قلاب أحادي الاستقرار Monostable. بينما الحلول المكلفة تعتمـد علـى توليـد إشـارة تزامـن كاملـة في دارة تسـتخدم إشـارة اللـون أو بعـض الإشارات الأخرى للقفل.

5- القلب الفعال Active Invertion

المبـدأ: القلب الفعال لمعلومات الفيديو (انظر الشكل18-4).

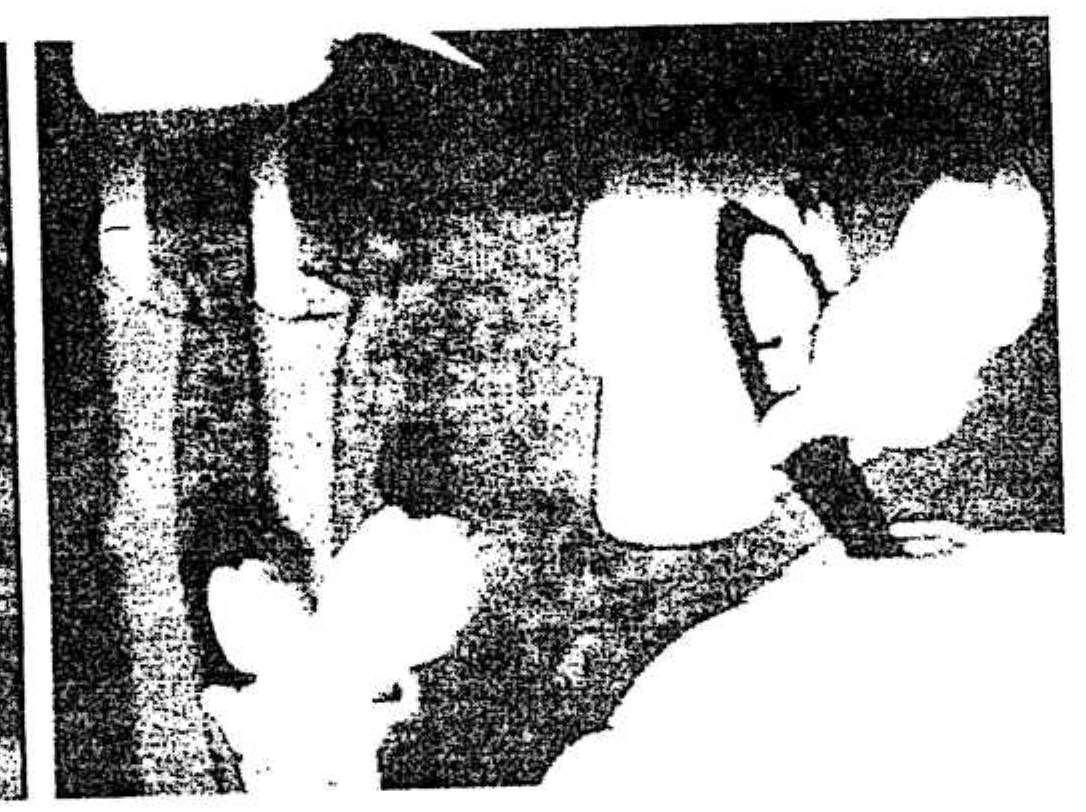
إن قلب معلومات الفيديو خطاً بعد خط يمكن أن يكـون طريقة للتعمية ذات وثوقية عالية. ولكن في أغلب الحالات، فإن إشارة الفيديو يجري قلبها بالتناوب، وهـذا يقلـل مـن الوثوقيـة. وفي بعض الأنظمـة يتـم قلـب الحقـول بصـورة متعاقبـة، وهـذا شكل ضعيف من أشكال التعمية.

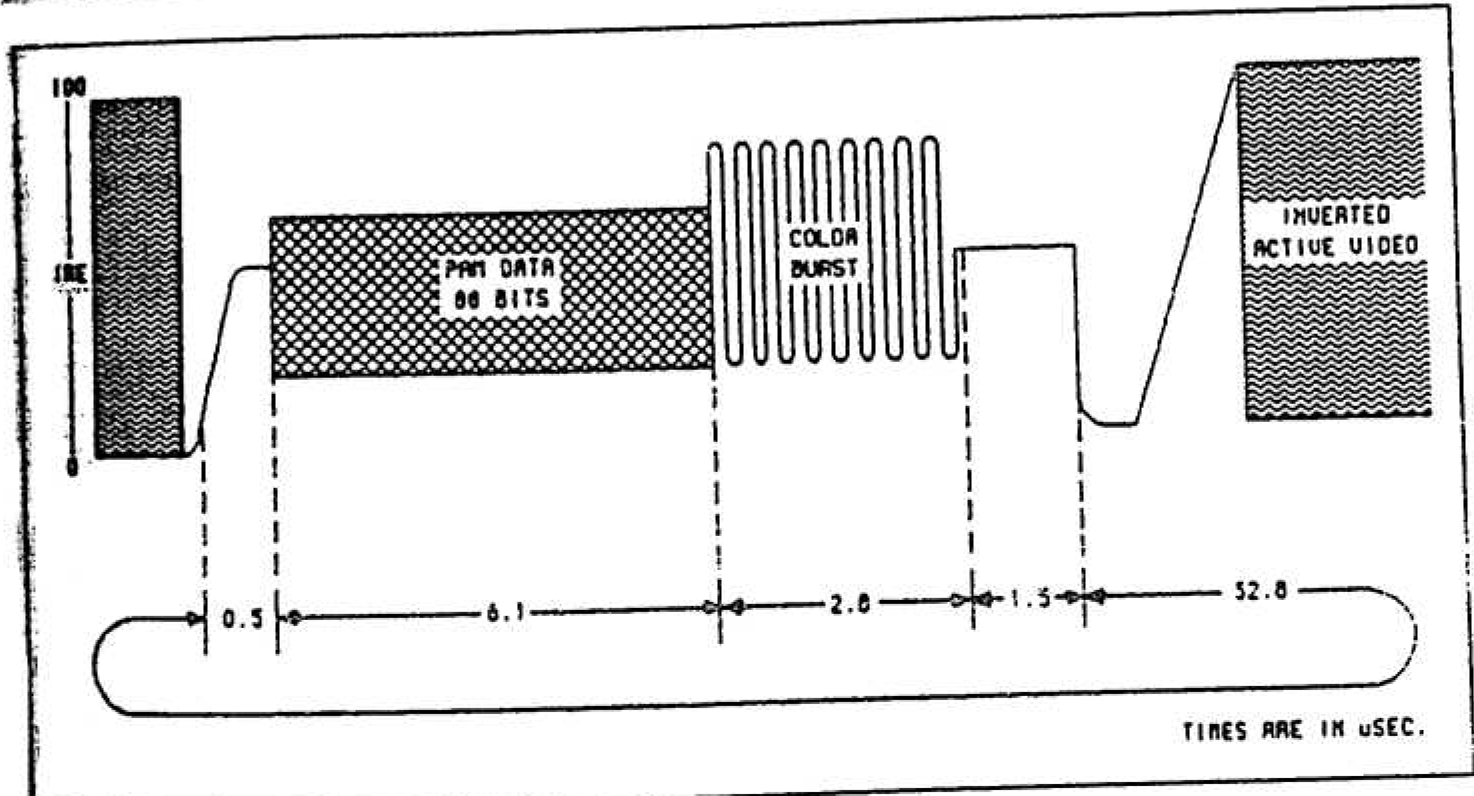


شكل 18-4 القلب الفعال لإشارة الفيديو. طريقة التعمية بالشكل القطبي هي الأسهل لأنها تحتوي على نبضة تشير إلى قطبية إشارة الفيديـو لكل خط. نظام Oak Orion الموضح هنا هو مثال للقلب القطبي.

هناك شكلان للتعمية بالقلب الفعال، الشكل القطبي وغير القطبي. الشكل الأول أقل وثوقية حيث توجد نبضة في فترة الإطفاء الأفقي تدل على قطبية الفيديو. ولاختراق هذه الطريقة، يكفي كشف هذه النبضة المفتاحية. النظام غير المفتاحي يختلف تماماً، إذ لا يوجد في بنية الخط ما يدل على قطبية الفيديو.



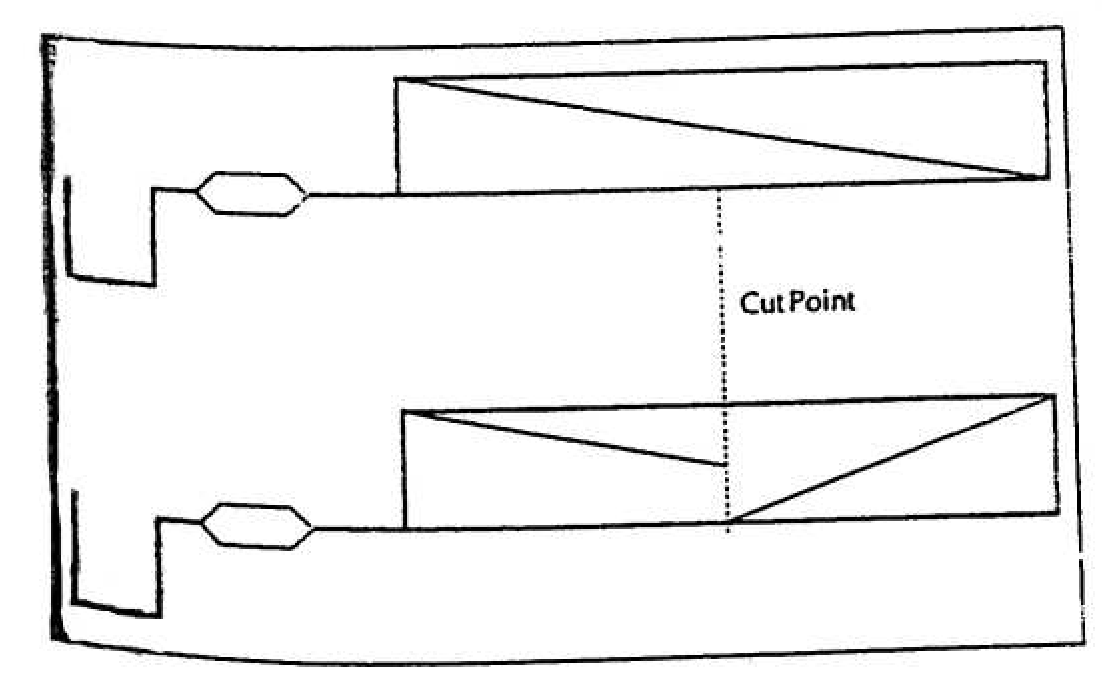




الشكل 18-5 استبدال التزامن. يستخدم في نظام Video CipherII. حيث تستبدل منطقة التزامن كاملة بمعطيات رقمية. ذلك يعني عدم وجود نبضات تزامن تشابهية يمكن فصلها في المستقبل التلفزيوني. يمكن استبدال التزامن الشاقولي أيضاً. ونتيجة لذلك تصبح الصورة مطموسة تماماً. الصورتان في الأعلى، احداهما واضحة والأخرى معماة.

6- القطع والقلب.

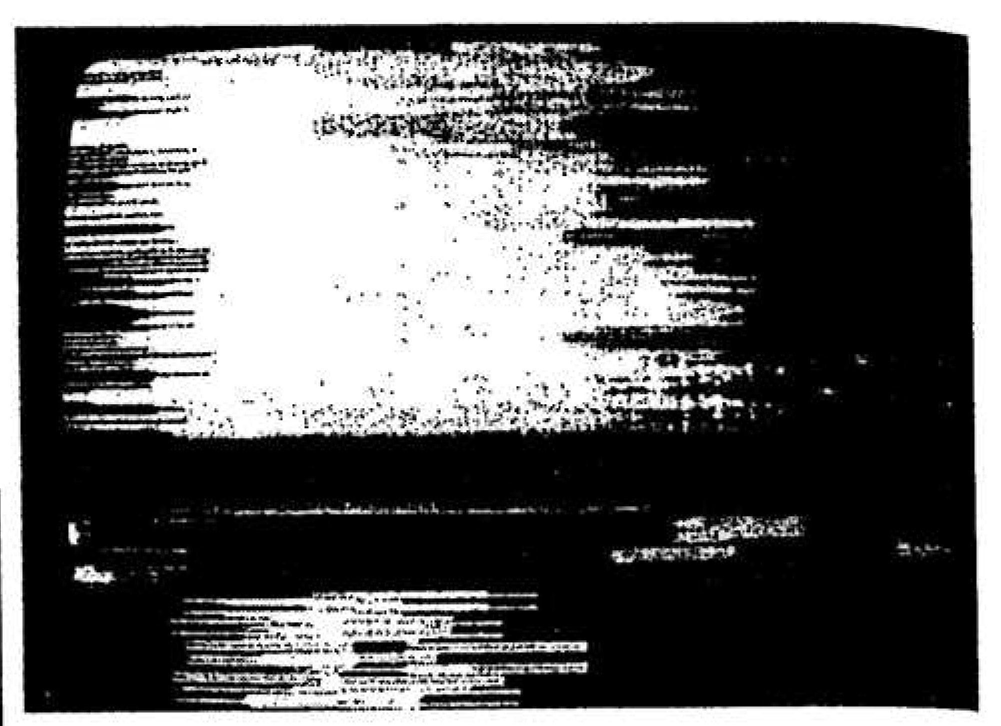
المبدأ: يقسم خط الفيديو إلى عدة قطع وتقلب قطبية إشارة الفيديو لعدد من القطع حسب ترتيب معين (انظر الشكل 18-6). في حين يصعب تطبيق هذه الطريقة في الدارات التشابهية، غير أنها تلائم التصميم الرقمي. والعديد من الأنظمة الأوربية تبنت هذا المبدأ مع اختلاف في نسبة النجاح. فإذا تم تحديد عدد القطع للخط الواحد، فإن نقاط القلب يمكن تعيينها.

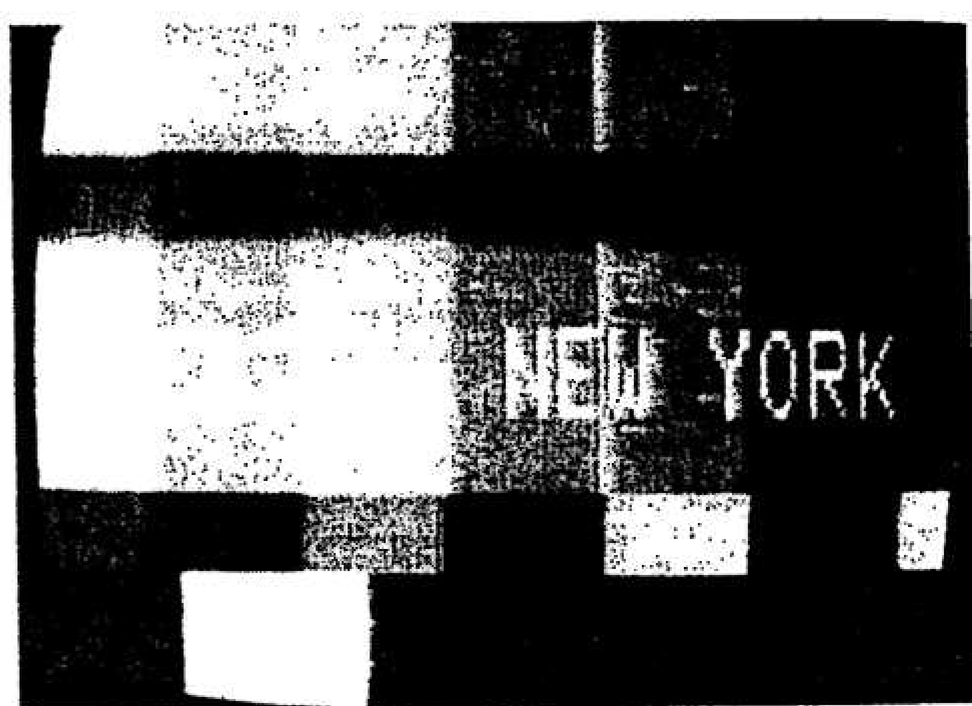


شكل 18-6 القطع والقلب. تقطع إشارة خط الفيديو عند نقطة معينة وتقلب قطبية بقية الإشارة اعتباراً من هذه النقطة. هذه الطريقة في التعمية لها عيوب تتمثل في إزاحة الجهد بين إشارة الفيديو المقلوبة والعادية.

7- القطع والتدوير

المبـدأ: يقطع خط الفيديو إلى عدد معين من القطع، ومن ثـم يتم تدوير حزمة قطع من نهاية الخط إلى بدايته(انظر الشكل 18-7).



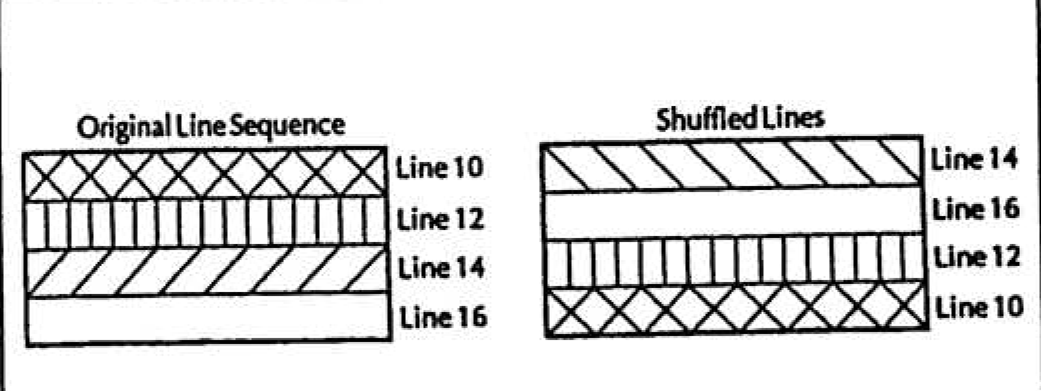


شكل 18-7. القطع والتدوير. هذا النظام ذو وثوقية عالية حيث تقطع إشارة الفيديو عند نقاط معينة وتدور الإشارة حول هذه النقطة وهناك صعوبة في كشف هذه النقطة التي يتم عندها القطع، إذ يوجد العديد من الطرق لإخفاء هذه النقطة عن القراصنة الذين يحاولون اختراق النظام.

هذه الطريقة في التعمية شائعة الاستخدام في أوربا وهي عالية الوثوقية، ويوجد عموماً 256 عينة تقطيع وهذا يعني بأن نقطة القطع محددة ككلمة مؤلفة من ثمانية خانات أو ثمانية واحدة.

8- خلط الخطوط Line Shuffle

المبـدأ: يتبدل موضع الخطوط في حقـل أو إطار بحيث يتم ارسالها بطريقة غير صحيحة. فمثلاً، يرسل الخط 15 بدلاً من الخط 211 (انظر الشكل 18-8). تتطلـب هـذه الطريقـة في التعمية تخزيناً للحقل والإطار وبالتالي دارات رقمية جديدة. إنها واحدة من أكثر طرق التعمية وثوقية، لذلك فهي تحوز على اهتمام المبرمجين.



شكل 18-8 خلط الخطوط. في هذه الطريقة يعاد ترتيب خطوط الفيديو المرسلة. وإن الدارات المعقدة المطلوبة لتخزين حقل او إطار تقضي بأن لا تتم معالجة العدد الكامل من الخطوط في كل عملية.

تقنيات التعمية للصوت.

1- صوت FM.

مبدأ: تعدل إشارة الصوت ترددياً على حامل فوق صوتـي بتردد 30 أو 70 كيلوهرتز.

هـذه التقنيـة الشائعة في أمريكـا الشمالية هـي نـادرة في أوربا. وتستخدم الحزمة الترددية من صفر وحتى 11 كيلوهرتـز المخصصة أصـلاً للقنـال الصوتيـة لأغـراض أخرى مثـل "قنـال النداء" لإعلام المشاهد بأمر يخصه.

إن هذا النوع من التعميـة ليس بـالصعب اختراقـه لذلـك تنقصه الوثوقية. فمتى عُلم تردد الحامل يكون مـن السـهل بنـاء كاشف تعديل مع حلقة قفل طوري (PLL).

2- قلب الطيف Spectrum Invertion

المبدأ: يتم تدوير الطيف الصوتي للتردد مـن صفـر وحتـى 11 كيلوهرتز حول التردد الحامل وبذلك يصبح التردد المنخفض تردداً عالياً والعكس بالعكس.

استخدمت هـذه الطريقـة في أمريكـا الشـمالية وأوربـا، حيث يصبح الصوت مشوهاً وغـير قـابل للفهـم. ويتـم اختيـار تردد الحامل بحيث يكون أعلى من أعلـى تـردد في مجـال حزمـة تمرير الصوت وهو عادة 12.8 و15 كيلوهرتز.

إن استخدام هذا الشكل من تعمية الصوت يجعل تسجيل الارسال على شريط فيديو أمراً صعباً. إذ أن عرض الحزمة على قارئ الفيديو لا يتجاوز عموماً 15 كيلوهرتز وبذلك فإن التسجيل سوف يؤدي إلى فقدان الجزء الأخفض من حزمة تمرير الصوت.

3- الصوت الرقمي Digital Audio

إن مجرد ذكر الصوت الرقمي يثير الرعب في قلوب البعض من هواة فك التعمية، ذلك أنها من الطرق عالية الأمان في ارسال الصوت ولكنها أكثر كلفة من طرق تشابهية أقل تعقيداً. وهذه التقنية هي جزء متضمن في نظام MAC وقد استخدمت في أنظمة Video Cipher II و Oak Orion في أمريكا الشمالية. يستخدم تعبير التعديل بالترميز النبضي (PCM) لوصف تقنية تحويل جهد تشابهي إلى قطار من النبضات، ومن ثم إلى عدد رقمي. وهناك صيغ أخرى للأشكال الرقمية للتعديل مثل تعديل عرض النبضة (PWM)، تعديل مطال النبضة (PAM)، وتعديل موضع النبضة (PPM).

تعديل عرض النبضة

يحدث قطار النبضات بمعدل ثابت ولكن يتوافق عرض النبضة مع قيمة الجهد التشابهي. وكلما كانت النبضة عريضة كلما كان الجهد الموافق لها كبيراً.

تعديل مطال النبضة

تؤخذ عينات من الإشارة التشابهية بفترات زمنية منتظمة وترسل نبضات يوافق ارتفاعها ارتفاع المطال لهذه العينات.

تعديل موضع النبضة

هذا التعديل يشبه تعديل عرض النبضة ولكن يولد مذبذب الساعة نبضة يتوافق موضعها مع مطال الإشارة التشابهية. وكلما كان الفراغ بين النبضات أعرض كلما كان الجهد الموافق لها أكبر.

طرق رقمية وتشابهية

تمثل الإشارة التشابهية بتغيرات مستمرة لمستويات الجهد، بينما تتألف الإشارة الرقمية من مستويين فقط هما الصفر أو الواحد. هذه البساطة تجعله أسهل لتطبيق خوارزميات معقدة على إشارات منطقية بالمقارنة مع الإشارات التشابهية. ومن الصعوبة اختراق إشارة مشفرة رقمياً.

يزداد باستمرار احتواء المستقبلات التلفزيونية على التقنيات الرقمية. ولسنوات قليلة مضت، كان الفني أو مهندس التلفزيون يستطيع بمعارف أساسية للمنطق العددي وتطبيقاته أن يتدبر أمره، أما اليوم فيلزمه أيضاً التآلف مع المعالجات وداراتها المحيطية.

للتقنيات الرقمية مزاياها الخاصة. فبعض الأعطال يمكن تحديدها، لأنه غالباً يكون من الضروري التعرف على المنطق العالي والمنخفض بدلاً من قياس مجالاً من القيم المتغيرة باستمرار للجهد. ويجب الإشارة إلى وجود أنظمة حديثة لتحليل الأعطال مبنية حول عناصر تعتمد على المعالجات ولكنها يمكن أن تكون عديمة الجدوى أحياناً.

على الرغم من التقدم التقني فلا تزال معظم الإشارات في الارسال التلفزيوني هي بالشكل التشابهي. لذلك فمن الطبيعي البدء بشرح تبديل الإشارة التشابهية إلى ما يعادلها رقمياً.

التبديل التشابهي الرقمي

بما أن الإشارة التشابهية تتغير باستمرار ضمن حدود معينة، فإن عملية تحويلها إلى شكل رقمي ينبغي أن يبدأ بتعريف حدود الجهود وترددها الأعظمي. هذه المقادير هي مداخل أساسية لعملية التبديل وتحدد المعاملات المطلوبة لمبدل تشابهي رقمي (ADC).

معاملات التبديل ADC
(ADC Conversion Parameters)

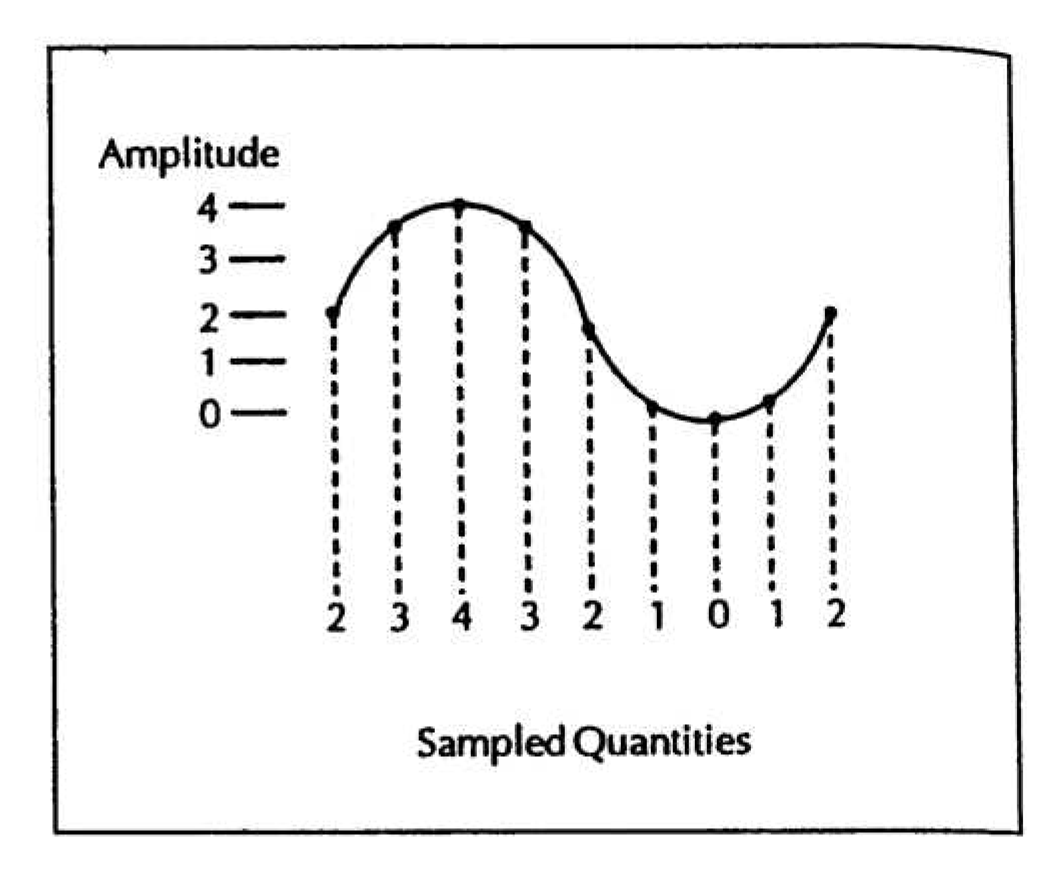
حدود الجهد

يجب أن يقع مطال الإشارة التشابهية بين حدين، معرفان برقمين عدديين. فمثلاً، من أجل مبدل تشابهي رقمي بدقة 8خانات، يوافق الجهد صفر القيمة الثنائية 0000 0000 . ومستوى الجهد الأعظمي 10 فولت يمكن تمثيله بالقيمة 1111 1111.

التردد الأعظمي

إن التردد الأعظمي في الإشارة التشابهية له تأثير مباشر على تردد أخذ العينات للمبدل. فتردد العينات يحدد النافذة الزمنية التي يتم خلالها قياس جهد جزء من الإشارة التشابهية (انظر الشكل 18-9). وكلما كان تردد أخذ العينات كبيراً، كلما كانت الفترة الزمنية لأخذ العينات صغيرة. من الناحية النظرية، فإن تردد أخذ العينات للمبدل يجب ان تساوي ضعف التردد الأعظمي للإشارة التشابهية.

وهذا ضروري للتأكد من إعادة تشكيل الإشارة التشابهية بصورة صحيحة عندما يعاد تحويل المعلومات الرقمية لاحقاً إلى الشكل التشابهي. عملياً، يحاول أكثر المصممون استخدام تردد أخذ العينات مساوياً ثلاثة أضعاف التردد الأعظمي للإشارة التشابهية.



شكل 18-9 أخذ عينات لموجة جيبية. إن قيمة العينة رقمياً تكافئ الإشارة التشابهية. من الواضح بأنه ينبغي أن يكون تردد أخذ العينات أكبر من تردد الإشارة الجيبية للحصول على الحد الأدنى من الدقة حين يعاد تشكيل الإشارة في المبدل الرقمي التشابهي، حيث يجب الترشيح لإزالة التدرج في الجهد المتولد عن عملية أخذ العينات.

المجال Range

المجال لمبدل تشابهي رقمي، هو عدد الخطوات الممكنة بالصيغة الرقمية. لإيضاح ذلك، يستخدم في مبدل ADC ذو ثمانية خانات 256 مستوى تتغير من 0000 0000 إلى 1111 1111.

عرض الخطوة Step Size

عرض الخطوة هي كمية الإشارة التشابهية المطلوبة للتأثير على مستوى واحد أو لتغيير عدد في الخرج الرقمي. ففي المجال من 0 وحتى 10 فولت مع دقة 8-خانات، هناك تغيير مقداره 0.0390 فولت مع كل خطوة.

في أغلب الحالات، تكون استجابة المبدل التشابهي الرقمي ADC أو المبدل الرقمي التشابهي DAC خطية وتسمى بتعبير التقني Monotonic.

هناك طرقاً عديدة لتبديل إشارة تشابهية بقيمة رقمية مكافئة. وأكثر التقنيات استخداماً لتبديل إشارة الفيديو معروفة باسم التبديل الومضي (Flash Conversion).

التحويل التشابهي الرقمي - المحول الومضي Flash Converter

يستخدم المبدل الومضي طريقة سريعة جداً لتحويل إشارة فيديو تشابهية إلى إشارة رقمية (انظر الشكل 18-10). يعتمد هذا المبدل على سلسلة من المقارنات. فعندما يتجاوز دخل الإشارة مستوى جهد مرجعي معين، تتغير حالة خرج المقارن من المنخفضة إلى العالية. ويتحدد المستوى المرجعي لكل مقارن بواسطة سلسلة من المقاومات المتغيرة ويمكن للمصمم ضبط الجهد المرجعي الرئيسي ومن ثم جهد الدخل لكل مقارن. يتم تبديل الجزء الخاص بالإشارة الفيديوية من كل خط وذلك يسمح بدقة أفضل للمبدل لأنه بذلك يهمل نبضات التزامن التي تحتل 300 ميلي فولت ويخصص كامل المجال لعملية تبديل 700 ميلي فولت مخصصة لتغيرات الإشارة الفيديوية. كذلك يكون تأثير الضجيج في حده الأدنى في هذا النوع من المبدلات لأنه تجري تكبير للإشارة قبل بدء عملية التبديل.

يغذي خرج المقارن مرمز أفضلية بحيث تمر القيمة الثنائية binary للمقارن ذو المستوى الأعلى إلى الخرج وذلك عندما يكون دخل المرمز في حالة تهيؤ.

التبديل الرقمي التشابهي DAC الرقمية

إن عملية تبديل الأرقام إلى جهد تشابهي هي عملية بسيطة نسبياً. فلكل خانة في العدد الرقمي قيمة معينة يمكن تمثيلها بجهد يتناسب مع هذه القيمة، فإذا تم جمع جهود المخارج فتكون النتيجة هي جهد تشابهي يتناسب مع كل عدد رقمي.

معاملات التبديل DAC

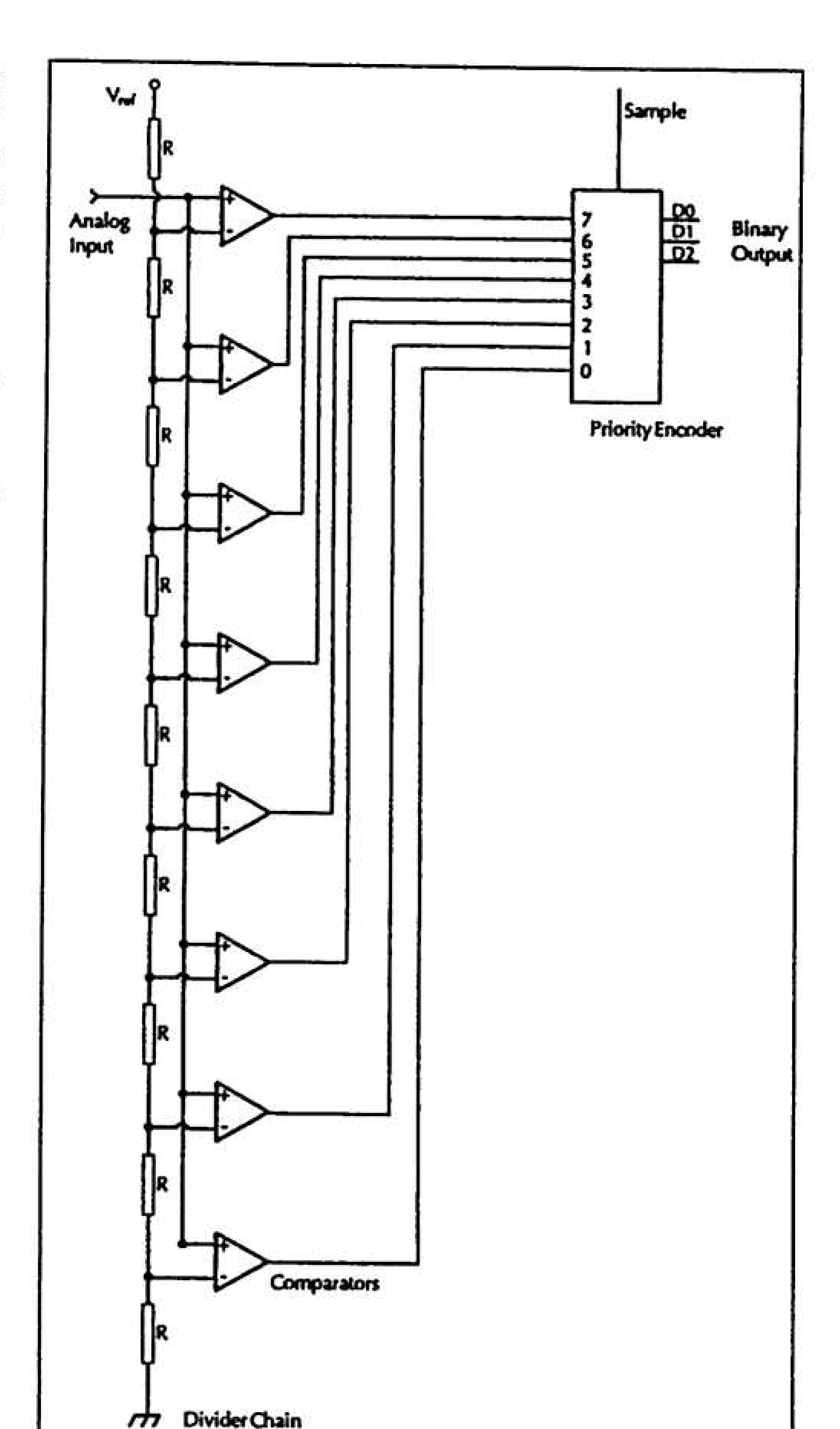
هناك عدداً من التسميات المستخدمة في التبديل الرقمي التشابهي كما هو الحال بالنسبة للتبديل التشابهي الرقمي.

الدقة Accuracy

تحدد دقة التبديل الرقمي التشابهي بمقارنة الخرج الحقيقي مع الخرج النظري. ويعبر عنها بنسبة مئوية من قيمة جهد الخرج الأعظمي. ينبغي أن لا يتجاوز الخطأ نصف قيمة الخانة ذات الوزن الأدنى LSB. فمثلاً من أجل مبدل DAC (8 خانة)، يكون LSB مساوياً 1/256 من قيمة جهد الخرج الأعظمي. وهذا يساوي 0.39% أي الخطأ أقل من 0.195%±.

خطأ الإزاحة Offset Error

يعرف خطأ الإزاحة بأنه مستوى الجهد المتولد حين تكون جميع المداخل الرقمية مساوية للصفر. ويمكن إلغاء أي جهد لا يساوي الصفر باستخدام دارة خارجية.



شكل 18-10. المبدل الومضي التشابهي الرقمي. تستخدم مجموعة من المقارنات لتحديد مطال إشارة الدخل التشابهي. وعندما تتجاوز الإشارة احد الجهود المرجعية للمقارن يتحول خرج المقارن إلى الحالة 1 منطقي. يقوم ناخب الأفضلية باختيار اعلى القيم لخرج المقارن الذي يشكل خرجاً لرمز ثنائياً آخر.

زمن التركيز Settling Time

هو الزمن الذي يستغرقه المبدل التشابهي الرقمي ليأخذ قيمة تقع ضمن مجال يتأرجح حول القيمة النهائية بمقدار ±0.5 LSB وذلك حين يتغير الدخل الرقمي. وهذا عامل أساسي يقيد التردد الأعظمي الممكن استخدامه للتحويل.

الدقة Resolution

إن دقة المبدل التشابهي الرقمي هي مقلوب عدد الخطوات المنفردة معبراً عنها بنسبة مئوية. للإيضاح، في محول 8DAC-خانات، تكون الدقة مساوية (1-256)/1 والتي تساوي 0.392 أي تقريباً 0.39%. وعموماً، يكون عدد الخطوات المنفردة مساوياً القيمة: $2^n - 1$

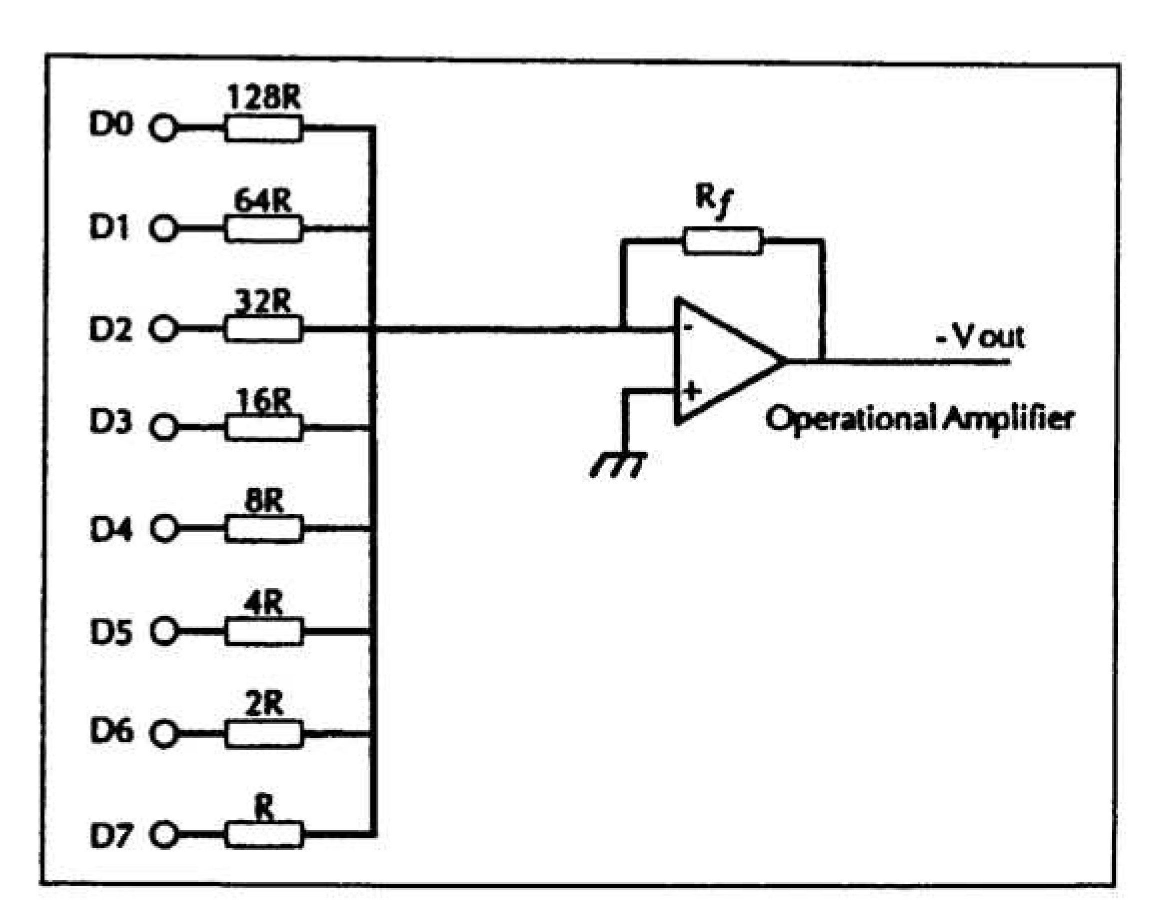
حيث n ترمز إلى عدد الخانات المستخدمة.

الخطية Linearity

في أغلب المبدلات الرقمية التشابهية، يجب أن يستجيب جهد الخرج بصورة خطية إلى الدخل الرقمي، وأي اختلاف يمكن أن يؤدي إلى أخطاء جدية.

الرتابة Monotonicity

ينبغي أن يتغير جهد الخرج في المبدل الرقمي التشابهي DAC خطوة واحدة في لحظة معينة استجابة لتغير مشابه للدخل الرقمي. وأي اختلاف يؤدي لاستجابة غير خطية.



شكل 18-11. مبدل رقمي تشابهي DAC ذو الدخل الموزون ثنائياً. حيث توجد مجموعة من المقارنات ذات القيم الموزونة لتحويل العدد الرقمي إلى جهد تشابهي. ويكون التيار المار عبر كل مقاومة خاضعاً لقانون أوم. ويستخدم ذات القانون لحساب جهد الخرج من حاصل مجموع تيارات الدخل ومقاومة التغذية العكسية.

التبديل الرقمي التشابهي - المبدل DAC ذو الدخل الموزون ثنائيا (Binary Weighted Input)

ربما يكون المبدل ذو الدّخل الموزون ثنائياً هو أبسط المبدلات الرقمية التشابهية. يستخدم هذا النوع شبكة من المقاومات ذات قيم تتوافق مع الوزن الثنائي للخانات لكل عدد رقمي.

بالعودة إلى الشكل 18-11، تمثل المقاومة R الأقل قيمة الخانة ذات الرقم الأعلى مرتبة، القيم الأخرى للمقاومات هي مضاعفات R وتتوافق مع الأوزان الثنائية الأخرى 2^0 ، 2^1 ، 2^2. إن جهد دخل المقاومات هو 5 فولت أو صفر. لذلك فهذه الدارة هي أساساً دارة لتوليد التيار. بما أن للمضخم العملياتي ممانعة دخل عالية، لذلك يبدو الدخل السالب كأرضي افتراضي، يتناسب خرج المضخم العملياتي مع التيار المار بمقاومة التغذية العكسية Rf. وهذا التيار هو مجموع تيارات الدخل، ونظراً لكون الدخل المعكوس للمضخم العملياتي يمثل الأرضي الافتراضي، أي 0 فولت، لذلك فإن الجهد الهابط عبر المقاومة Rf يساوي جهد الخرج. ويمكن اشتقاق هذا الجهد من قانون أوم. وبما أن تيار الدخل سالب يكون جهد الخرج سالب أيضاً.

إن السبب الرئيسي لعدم انتشار هذا النوع من المبدلات هو قيم المقاومات العديدة المطلوبة. فلتحقيق مبدل DAC بثمانية خانات، يتطلب ذلك قيم مقاومات تتغير من R وحتى 128R. ويجب أن تتوفر هذه المقاومات أيضاً بدقة لا تنقص عن 0.5% .

تقنية التشفير الرقمي
Digital Encryption Techniques

طرق التحكم بالبعثرة

يوجد طريقتان أساسيتان للتحكم بنظم التعمية: الوصول المحكوم (المتحكم به) والوصول المفتوح Open Access يستطيع مالك النظام في الوصول المحكوم أن يتحكم بكاشف التعمية لدى الزبون أما في أنظمة الوصول المفتوح فليس له أية سلطة على الكاشف. لذلك فإن الأنظمة المفتوحة تتصف بكونها أنظمة ذات حماية ضعيفة، وعلى النقيض، في أنظمة الوصول المحكوم يمكن أن يتم تعطيل نظام كشف التعمية لدى الزبون والتحكم بدرجة التعمية في بعض الحالات.

الخوارزميات

الخوارزمية عبارة عن مجموعة من التعليمات التي تقود المعالج الصغري لتشفير وفك تشفير المعطيات وليس هناك أية صلة بين مدى تعقيد الخوارزمية وأمن المعلومات المشفرة، ففي كثير من الأحيان تكون المعلومات أكثر أمناً وهي مشفرة بواسطة خوارزمية بسيطة.

تعتبر الخوارزمية DES (Data Encryption Standard) من الخوارزميات المعروفة جيداً والتي تعتمد على مبادئ بسيطة موضوعة بطريقة معقدة. قد تظهر الطريقة وكأنها معقدة وصعبة في حين أنها من أعمال الحاسوب البسيطة. فالخوارزمية كما نرى عبارة عن حل رياضي وليست دارة متكاملة مجردة أو نظام حاسوبي. والخوارزمية التي تشفر رسالة بأبسط أشكالها تتطلب عنصرين: الرسالة والمفتاح.

الرسالة قبل التشفير تسمى Plaintext نص صريح وعندما تشفر نطلق عليها اسم النص المعمى Cipher text ويمكن أن تمثل الخوارزمية بصندوق ذو مفتاح، فالتشفير هو العملية المكافئة لإغلاق الصندوق بالمفتاح حيث يستلم المستقبل الصندوق ويستخدم نفس المفتاح لفتح الصندوق والحصول على الرسالة من داخله.

هناك نقطة ضعف أساسية في هذه الطريقة، إذ أنه يوجد مفتاح وحيد في حين تكون الأطراف المستخدمة له كثيرة. و عندها ستبدأ المشاكل بالظهور لدى تناقل هذا المفتاح. وعندما يقع هذا المفتاح في يد طرف أجنبي فإنه سيتمكن من قراءة الرسالة.

يتعامل التشفير في أنظمة البث التلفزيوني عبر التوابع الصنعية مع معلومات رقمية. فهناك حالة من اثنتين لكل خانة من المعلومات (واحد أو صفر). لذلك يمكن استخدام تابع بسيط وقوي في خوارزمية التشفير كالتابع EXclusive OR (EXOR) . و جدول الحقيقة لهذا التابع:

A	B	A⊕B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

من الجدول نرى بأن الخرج يكون مساوياً للصفر عندما يتساوى الدخلان ويكون مساوياً للواحد عندما يختلفان. لنأخذ مثالاً على ذلك: الكلمة "DOG" ولنحاول تشفيرها مستخدمين المفتاح "CAT" بواسطة خوارزمية EXOR. فإذا كتبنا الرسالة "DOG" بالرمز ASCII وكذلك المفتاح و أجرينا بينهما عملية EXOR فإننا سنحصل على:

Plaintext (DOG) – Key(CAT) = Cipher text			
DOG = 68 79 71	01000100	01001111	01000111
CAT = 67 65 84	01000011	01000001	00001011
Cipher Output=07 14 11	00000111	00001110	00001011

من الواضح أنه لا توجد علاقة خطية بين النص المشفر والنص الأصلي. ونستطيع بواسطة المفتاح أن نستخلص الرسالة بتطبيق نفس التابع EXOR مرة ثانية على النص المشفر. إذاً فلا بد للمرسل والمتلقي من استخدام نفس المفتاح حتى يعمل هذا النظام.

Ciphertext	00000111	00001110	00001011
CAT	01000011	01000001	01001100
DOG	01000100	01000111	01000111

كما نلاحظ فقد تم استخلاص الرسالة الأصل بتطبيق EXOR على النص المشفر.

غالباً ما تستخدم هذه الطريقة ولكن بتطبيق مفتاح ذو طول كبير وهذا ما يجعل هذه الطريقة مستعصية على القرصنة. تولد هذه المفاتيح من سلاسل شبه عشوائية بواسطة مولدات المصفوفات الثنائية الشبه عشوائية. وهذه الطريقة مشروحة بالتفصيل في الفقرة التالية.

الذاتية Identity

في نظام التعمية ذو الوصول المحكوم يوجد رقم خاص بجهاز فاك التعمية، وهو يشبه أرقام الهواتف فهي وحيدة ومعروفة فقط بالنسبة لمالك النظام. في هذه الحالة يستخدم مالك النظام هذا الرقم لتشفير الرسالة التي قد تحمل المفتاح لهذا الزبون من أجل الشهر القادم. فالقرصان يستطيع -بالطبع إذا اكتشف الخوارزمية- إلغاء تعمية الرسالة ومن ثم كشف المعطيات وتشغيل فاك التعمية الخاص به "Pirate". عادةً ما يخزن الرقم الخاص للجهاز ضمن ذواكر وصول عشوائي RAM مزودة بالطاقة من خطوط تفصل عند فتح غطاء الجهاز مما يعني ضياع المعلومات الموجودة ضمن الذاكرة. وهذه الطريقة شائعة ومعروفة كتطبيق وقائي ضد القرصنة.

المفاتيح Keys

يجب أن تبقى معرفة المفاتيح حكراً على مالك النظام من أجل أمن المعطيات. ولذلك فهو يزود الجهاز بمفاتيح ثانوية تبقى ضمن الجهاز للقيام بتشفير وحماية المفتاح الأساسي.

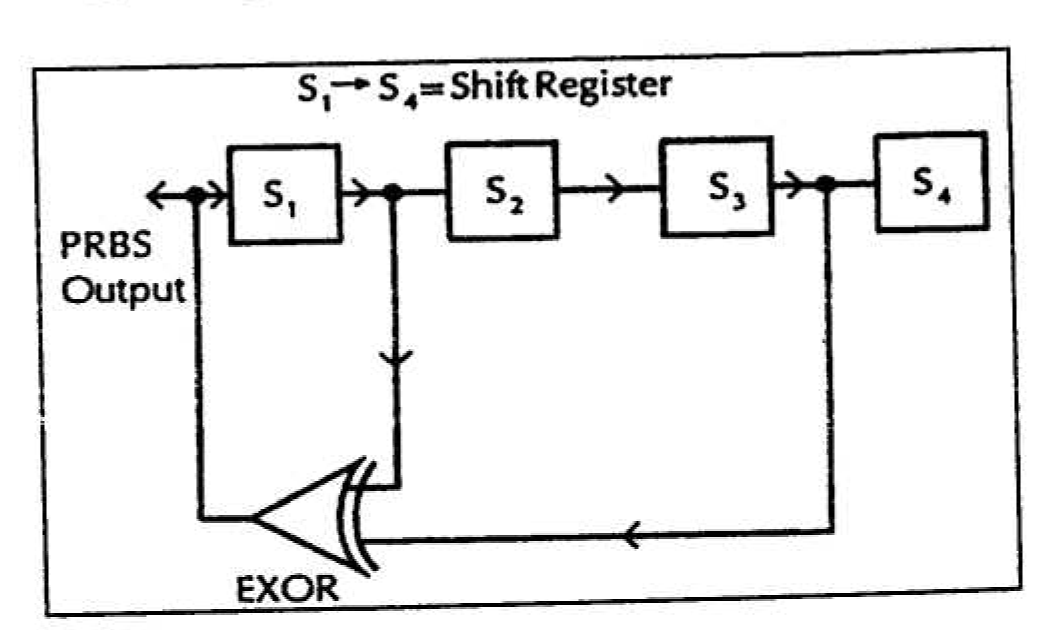
مولدات السلاسل الثنائية الشبه عشوائية PRBSG

(Pseudo Random Binary Sequence Generators)

الهدف من هذه المولدات هو الحصول على سلسلة رقمية بحيث لا يوجد أي ارتباط واضح بين أرقامها. أي بمعنى آخر يجب أن تظهر السلاسل على أنها عشوائية.

من الأفضل بالطبع استخدام سلاسل عشوائية حقيقية. ولكن المولد في هذه الحالة يكون معقد تكنولوجياً إذ لا يمكن تأمين الإنتاج الكمي كما أنه لا يعمل في الزمن الحقيقي، إضافة إلى أن استخدام برنامج لتوليد هذه السلاسل يُلغي عشوائية هذه السلاسل. لهذا فمن الحكمة استخدام السلاسل الشبه عشوائية لسهولة توليدها من معادلة غير خطية أو من إجراء بسيط.

تستخدم مسجلات الإزاحة ذات التغذية العكسية الخطية كمولدات شائعة الاستخدام للسلاسل شبه العشوائية (انظر الشكل 18-12). القيمة البدائية للمُسجِّل تدعى "Seed". يتم إزاحة الخانات بعدئذٍ في مُسجِّل إزاحة إلى اليمين ومن ثم يجري إدخال خرجين منها إلى دارة EXOR الذي يغذي مُسجِّل إزاحة في أقصى اليسار.



شكل 18-12. شكل يوضح مولدات PSBSG باستخدام مسجلات إزاحة ذات تغذية عكسية. بطريقة خطية. مع كل نبضة ساعة. تتحرك المعطيات في كل مسجل إزاحة إلى مسجل إزاحة آخر نحو اليمين.

الخوارزمية RSA

RSA عبارة عن خوارزمية تشفير واسعة الاستخدام لأنها الأكثر أمناً ضمن أنظمة الحواسيب وتأتي تسميتها من الأحرف الأولى لواضعي الخوارزمية، إذ وضعت الخوارزمية عام 1978 من قبل ثلاثة علماء هم: Adlemam, Shamir, Rivest.

هذه الخوارزمية تعتمد على مبدأ المفتاح العام وهو عبارة عن رقمين صحيحين(N,P) للتشفير ورقمين صحيحين(N,S) لفك التشفير. P هو المفتاح العام Public Key، N هو العنوان، S هو المفتاح السري Secret Key. و يتم الحصول على هذه الأرقام باستخدام رقمين أوليين مساعدين (X,Y) وحاصل ضربهما N يكون معروفاً كأي رقم هاتفي. نختار S كعدد أولي(العدد الأولي يقبل القسمة على نفسه وعلى الواحد فقط)، ونحصل على P من العلاقة:

$$P = [(X-1)*(Y-1)+1]/S$$

ونحصل على N من:

$$N = X*Y$$

لتشفير نص RSA ، نرفعه للقوة P ثم نأخذ باقي القسمة على N. ولفك التشفير نرفع النص للقوة S ونأخذ باقي القسمة على N.

X=Prime Number 1
S=Secret Key = Prime
Y=Prime Number 2
P=Public Key
N=X * Y
Pchosen so that P * S Mod[(X-1)*(Y-1)]=1
and P=[(X-1)*(Y-1)+1]/S

Encryting (P)
Ciphertext=(Plaintext)Mod N

Decrypting (S)
Plaintext=(Ciphertext) Mod N

مثال: إذا رمزنا الحرف برقمه الأبجدي، فلنفرض لدينا النص 'AT' ذو الرمز 120، لنختار الأرقام الأولية:

S = 97 X = 47 Y = 79
N = 47 * 79 = 3713
P = [(47-1)*(79-1)+1]/97 = 37

نحصل على النص المشفر عندها من العلاقة:

$$Ciphertext = 120^{37} \text{ Mod } 3713 = 1404$$

ونحصل على النص الأصلي من النص المشفر

$$Plaintext = 1404^{97} \text{ Mod } 3713 = 120$$

تعتمد السرية في الطريقة RSA على حجم الأعداد الأولية المستخدمة. وتستخدم عادةً أعداد ذات طول أكبر من 100 رقم. هناك خوارزميات بسيطة مفيدة في ايجاد أرقام كهذه. وعند الحصول على الأرقام X, Y, S نحصل على نظام RSA.

التحقق، المطابقة والتوقيع

Authentication , Signatures, Verification

إن تحقيق المطابقة (التعرف على الهوية) أمر هام جداً في أنظمة التشفير، لأن القرصان إذا استطاع الحصول على مفتاح أي مستخدم للنظام فإنه سيتمكن من قراءة جميع رسائله المشفرة بذلك المفتاح، وكان ذلك سبباً في فشل نظام التعمية VideocipherII، إذ أن المفتاح الشهري يمكن كشفه من خلال مفتاح مرخص به، وليس مهماً أن يكون المفتاح مخصصاً لكاشف تعمية معين، بل يمكن أن يكون لأي كاشف تعمية آخر.

من جهة أخرى يجب أن يؤمن نظام التشفير إمكانية تسمح بتعرُّف المستقبل على الطرف المرسل من خلال الرسالة المستقبلة، وهذا ما يدعى بخاصية التوقيع. خاصية التوقيع تمنع الآخرين (كالقرصان مثلاً) من التدخل برسائل النظام مما يخفض من مستوى أدائه.

خاصية التوقيع يمكن تحقيقها بسهولة ضمن خوارزمية RSA فالمرسل يرفع النص للقوة (S) ثم يأخذ باقي قسمته على (N) ويعمل المستقبل على رفع النص المشفر للقوة (P) ويأخذ باقي القسمة على (N)، وبذلك نحصل على النص الأصلي.

يمكن أن تكون الرسالة عبارة عن مقطع من معلومات عشوائية أو قد يكون شيئ آخر يشبه التاريخ الزمني أو رقم القنال. فليس هناك نقل حقيقي للمعلومات بين المرسل والمستقبل.

للحيلولة دون استخدام كاشف التعمية المعدل والذي يعتمد نظام الكشف "Mc Cormac" فإن الزمن المخصص للإطار والذي ينبغي على كاشف التعمية أن يؤكد خلاله صحة التوقيع يجب أن يكون محدوداً. وهذا يعني أنه من المطلوب إعادة معطيات صحيحة ضمن زمن معين، فإذا استغرق كاشف التعمية زمناً يزيد عن ذلك فإنه يطفئ نفسه.

إن زمن الإرسال الفعلي قد يكون الخيار المثالي لأنظمة الاتصال المباشر. فقياس الزمن من الوصلة الصاعدة وحتى المستقبل وتحديد الإطار الزمني المطلوب للتوقيع يمكن الاستفادة منه لمنع إعادة استخدام المفتاح.

إن طريقة التوقيع تتم على النحو التالي:

من أجل المرسل تكون المعطيات المعروفة (المنشورة) هي (P,N) وتسمى الرسالة Plaintext. للتشفير:

النص المشفر $Plaintext^{(S)} \text{ ModN} = Ciphertext$

يستخدم المستقبل بعدئذٍ قيم المرسل N و P لإيجاد أو استعادة الرسالة المشفرة حسب ما يلي:

النص الأصلي $Ciphertext^{(P)} \text{ ModN} = Plaintext$

طرق التشفير القياسية DES نمط ترميز الكتاب الإلكتروني

Data Encryption Standard- Electronic Code Book Mode

لمحة تاريخية

نشأت خوارزميات DES عن طريق شركة IBM لتأمين الحماية لنقل المعلومات المالية بين البنوك. حيث أصدرت أول نسخة باسم Lucifer. عام 1971 لم تكن هذه الخوارزمية منيعة ومع ذلك لم يستطع أحد من اختراقها لأن الحواسب السريعة لم تكون متوفرة بعد. في عام 1974 اقترح مكتب القياس الوطني NBS وضع نظام قياسي للتشفير، مما دعى إلى صدور نسخة Lucifer المعدلة حيث هبط طول المفتاح من 128 خانة إلى 64 خانة. من جهة أخرى، وضعت هذه النسخة كنتيجة لضغوطات وكالة الأمن القومي لتتمكن من المراقبة والتجسس. فخبراؤها أكدوا استحالة فك الشيفرة 128 خانة، بينما يمكن الوصول إلى الرسالة المشفرة بمفتاح 64 خانة خلال عدة ساعات.

من جراء هذا التخفيض حصل اجتماع بين وكالة الأمن القومي NSA وشركة IBM من أجل تعزيز خوارزمية التشفير المستخدمة، وأقرت عندها النسخة المعدلة من Lucifer عام 1977. وهكذا انخفض عدد المفاتيح المحتملة من 2^{128} أو 34×10^{37} إلى 2^{64} أو 1.84×10^{19}.

يوجد العديد من الطرق لتحقيق التشفير القياسي DES ومن بينها طريقة ECB mode التي صممت لتوليد رسالة مشفرة 64 خانة، انطلاقاً من رسالة أصلية 64 خانة بتحكم من مفتاح بطول 64 خانة أيضاً. وكل كتلة من الرسالة المشفرة بهذه الطريقة هي وحدة مستقلة عن بقية الكتل الأخرى.

التشفير بواسطة التبديل والقلب

يُستخدم في هذه الطريقة شكلان أساسيان للتشفير أولهما التبديل بين الخانات، أي بعثرة خانات الكلمة الواحدة وتدعى هذه التقنية transposition، حيث تحافظ الخانات على حالتها المنطقية (0 أو 1) ويتبدل موضع الخانة فقط. أما الشكل الثاني فيقضي بتغيير قيم الخانات من الكلمة. وهناك شكل من التشفير يستخدم فيه التبديل والقلب معاً. وبما أن العملية تتم على مقاطع بطول محدد من الخانات فقد سميت بالتشفير الكتلي "Block Product Cipher"، وفي Product إشارة إلى التشفير بتطبيق الإجرائيتين معاً.

توليد المفتاح

أن أول مرحلة في تطبيق خوارزمية DES هي توليد المفتاح (انظر الشكل 18-13)، وتستخدم لذلك كلمة بطول 56 خانة، حيث تبقى الخانات الثمانية (8 ,16 ,24 ,32 ,64,56,48,40) في الكلمة الأصلية المؤلفة من 64 خانة مخصصة لكشف الأخطاء Parity ، ولا يستفاد منها في توليد المفاتيح. وهذا يجعل مجموع الواحدات لكل ثمانية خانات في كلمة المفتاح عددا فرديا، وبذلك ينخفض عدد المفاتيح المتاحة إلى 2^{56} فقط، أي 7.2×10^{16} حالة تقريباً.

توضع كلمة المفتاح منقوصاً منها خانات كشف الأخطاء على شكل مصفوفة مؤلفة من خط واحد و 56 عموداً. يتم تقسيم هذه المصفوفة بعدئذٍ إلى مصفوفتين تحتوي كل منها على 28 عموداً. يطلق على المصفوفة العلوية تسمية C_0 وعلى المصفوفة السفلية D_0.

هذه المصفوفة هي مصفوفة التبديل الأولى PC-1، حيث تمثل الخانة 57 الخانة الأولى في C_0 والخانة 36 هي الخانة الأخيرة. كذلك الخانتين 63 و 04 بالنسبة للمصفوفة D0.

PC-1 (Permutated Choice -1)	
C_0	57 49 41 33 25 17 09
	01 58 50 42 34 26 18
	10 02 59 51 43 35 27
	19 11 03 60 52 44 36
D_0	63 55 47 39 31 23 15
	07 62 54 46 38 30 22
	14 06 61 53 45 37 29
	21 13 05 28 20 12 04

للحصول على المفاتيح، يتم إجراء 16 خطوة حيث يطبق دوراناً يساوي على خانات C_0 و D_0 مرة واحدة أو مرتين حسب الجدول التالي. فمثلاً بتطبيق الدوران على C_0 يتحرك الرقم 57 ليصبح في الموقع الأخير من المصفوفة ويأخذ الرقم 49 المكان الأول.

يمكن إيجاد عناصر المصفوفات [C16..C0] و [D16..D0] بإجراء سلسلة من عمليات الدوران. يشير الجدول السابق إلى أنه يمكن الحصول على العناصر C8 و D8 من تدوير C7 و D7 لمرتين يساراً، بينما نحصل على C9 و D9 من تدوير C8 و D8 لمرة واحدة فقط. إن عملية الدوران هذه سهلة التطبيق في معظم لغات البرمجة عالية المستوى، إضافةً إلى إمكانية تحقيق ذلك بالدارات العملية. ويمكن إجراء بعض التحسينات على سرعة التنفيذ للبرامج الموضوعة بلغات عالية المستوى وذلك من خلال تعريف المفتاح لمصفوفة Array.

Step Number	Number of Left Shifts
01	1
02	1
03	2
04	2
05	2
06	2
07	2
08	2
09	1
10	2
11	2
12	2
13	2
14	2
15	2
16	1

تتولد المفاتيح من مقاطع Cn و Dn حيث تأخذ n القيم من 1 إلى 16 وتدل الأرقام الموجودة ضمن مصفوفات التبديل على مكان الخانة النسبي. توضع هذه المقاطع على شكل مصفوفة تبديل PC-2 بطول 48 خانة كما في الجدول التالي:

PC-2 (Permutated Choice - 2)					
14	17	11	24	01	05
03	28	15	06	21	10
23	19	12	04	26	08
16	07	27	20	13	02
41	52	31	37	47	55
30	40	51	45	33	48
44	49	39	56	34	53
46	42	50	36	29	32

KEY → PC-1 → C0, D0 → LEFT SHIFT → C1, D1 → PC2 → K1; LEFT SHIFTS … C15, D15 → PC2 → K15; LEFT SHIFTS → C16, D16 → PC2 → K16

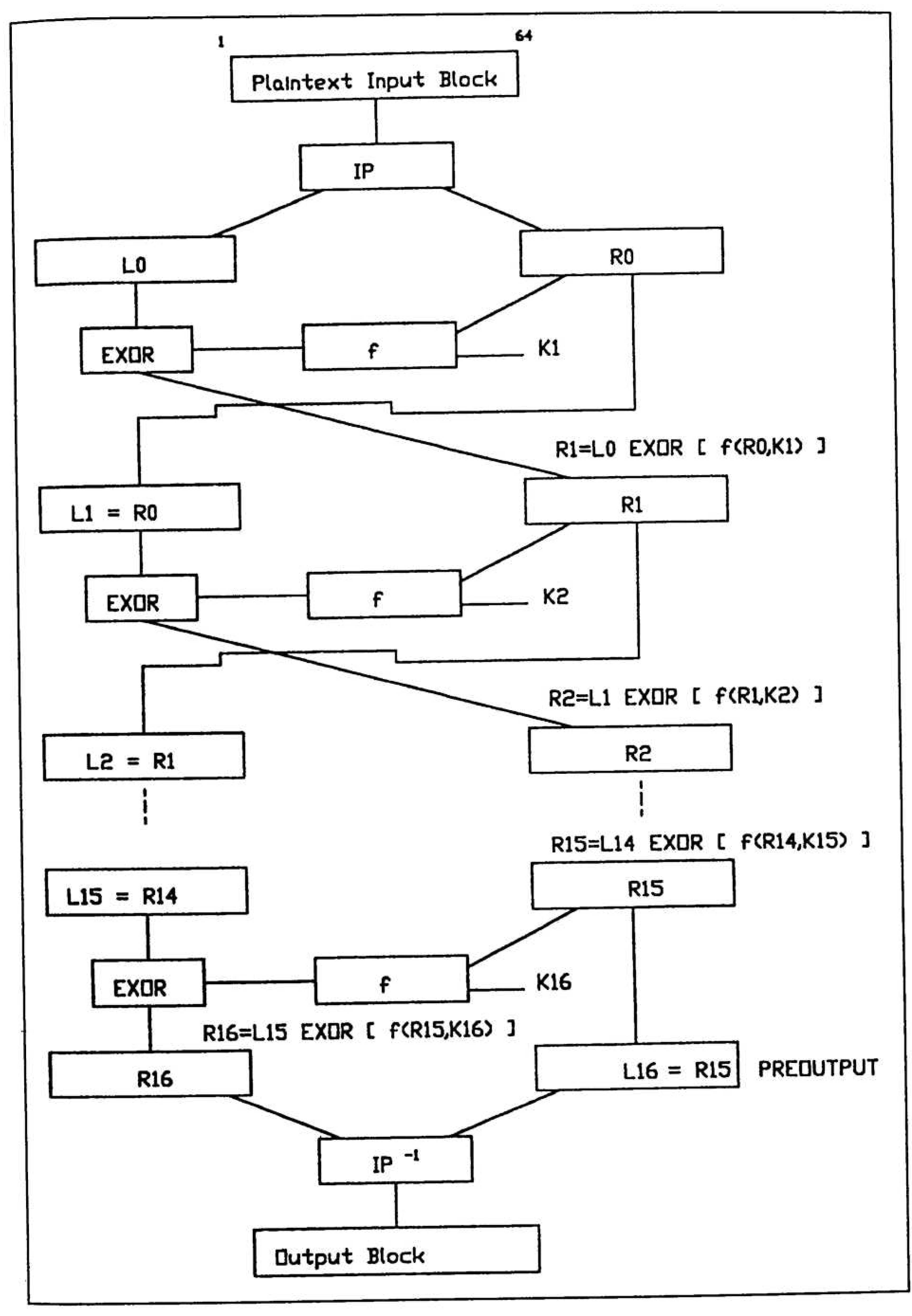
شكل 13-18 مخطط خوارزمية DES لتوليد المفاتيح. يستخدم لتوليد المفاتيح الوسيطة من مفتاح مصدر Source Key. إنها أساساً عملية تدوير يساري لمرة واحدة أو مرتين لعناصر المصفوفة.

إجرائية التشفير في DES.

إجرائية التشفير DES معقدة وغير خطية (انظر الشكل 18-14). فالنص الأساسي المؤلف من 64خانة على شكل مصفوفة والمسماة IP، يخضع أولاً لعملية تبديل ثم لعملية مفتاحية غير خطية وأخيراً نطبق على النص الناتج عملية تبديل هي مقلوب لعملية التبديل الأولى. إن الدافع لهذه العملية المعقدة هو رفع الوثوقية، إذ ينبغي أن لا يكون هناك علاقة بين المعطيات الأساسية والمعطيات المشفرة.

يتم تجزئة المصفوفة IP إلى قسمين Ro, Lo بحيث تحتوي كل منهما على 32 عنصراً كما في الشكل التالي:

IP	58	50	42	34	26	18	10	02
	60	52	44	36	28	20	12	04
	62	54	46	38	30	22	14	06
	64	56	48	40	32	24	16	08
	57	49	41	33	25	17	09	01
	59	51	43	35	27	19	11	03
	61	53	45	37	29	21	13	05
	63	55	47	39	31	23	15	07
Lo	58	50	42	34	26	18	10	02
	60	52	44	36	28	20	12	04
	62	54	46	38	30	22	14	06
	64	56	48	40	32	24	16	08
Ro	57	49	41	33	25	17	09	01
	59	51	43	35	27	19	11	03
	61	53	45	37	29	21	13	05
	63	55	47	39	31	23	15	07



شكل 18-14. إجرائية التشفير DES. تبدو هذه الإجرائية معقدة ولكنها سهلة التنفيذ ومباشرة على الحاسوب.

يمكن اعتبار الخطوة الأساسية في إجرائية التشفير هي تشكيل المصفوفات.

يكون البدء بالزوج (R0,L0) ويشكل المفتاح الأول K1 مع R0 مدخلاً لتابع التشفير/فك التشفير F. يخضع خرج هذا التابع لعملية EXOR مع المصفوفة L0 وهذا الخرج هو R1. تتحول المصفوفة R0 إلى L1 وتستمر العملية حتى الوصول إلى L15 و R15.

تسمى المصفوفات L16 و R16، بخرج منا قبل الأخير Pre-Output، حيث يخضع L15 لعملية EXOR مع خرج التابع F ذو المدخلين R15 و K16.

وبالنهاية يتم تطبيق مقلوب عملية التبديل الأولى لنحصل عندها على نص مشفر بطول 64 خانة.

تابع التشفير/فك التشفير F

هذا التابع بسيط بالنسبة للحاسوب لأنه يعتمد على مفاهيم برمجية بسيطة (انظر الشكل 18-15 والجدول 18-2). وبما أن الكتلة R مؤلفة من 32 خانة فيجب أن يتم توسيعها إلى 48 خانة ويكون ذلك بمساعدة مصفوفة تسمى جدول اختيار الخانة E-bit Selection table. حيث تدل الأعداد فيها على موقع الخانة في الكتلة R.

E					
32	01	02	03	04	05
04	05	06	07	08	09
08	09	10	11	12	13
12	13	14	15	16	17
16	17	18	19	20	21
20	21	22	23	24	25
24	25	26	27	28	29
28	29	30	31	32	01

بعد الحصول على الكتلة R الموسعة، نطبق عليها التابع EXOR مع المفتاح K لنحصل على خرج كتلة عريضة بطول 48 خانة تجزأ هذه الكتلة إلى 8 أجزاء بطول 6 خانات. نطبق على كل جزء تابع اختيار S1..S8 لانتقاء كتل بطول 4 خانات.

وبما أن إجرائية التشفير تعتمد الترميز الثنائي، فمن الضروري أن يكون هناك سطراً يأخذ الرقم 0 وعموداً يأخذ الرقم 0 أيضاً.

إن الخانة الأولى والأخيرة من كتلة ذات 6 خانات ترمز إلى رقم السطر والتراكيب الممكنة هي 00 , 01 , 10 , 11 التي تساوي 0 , 1 , 2 , 3 في النظام العشري.

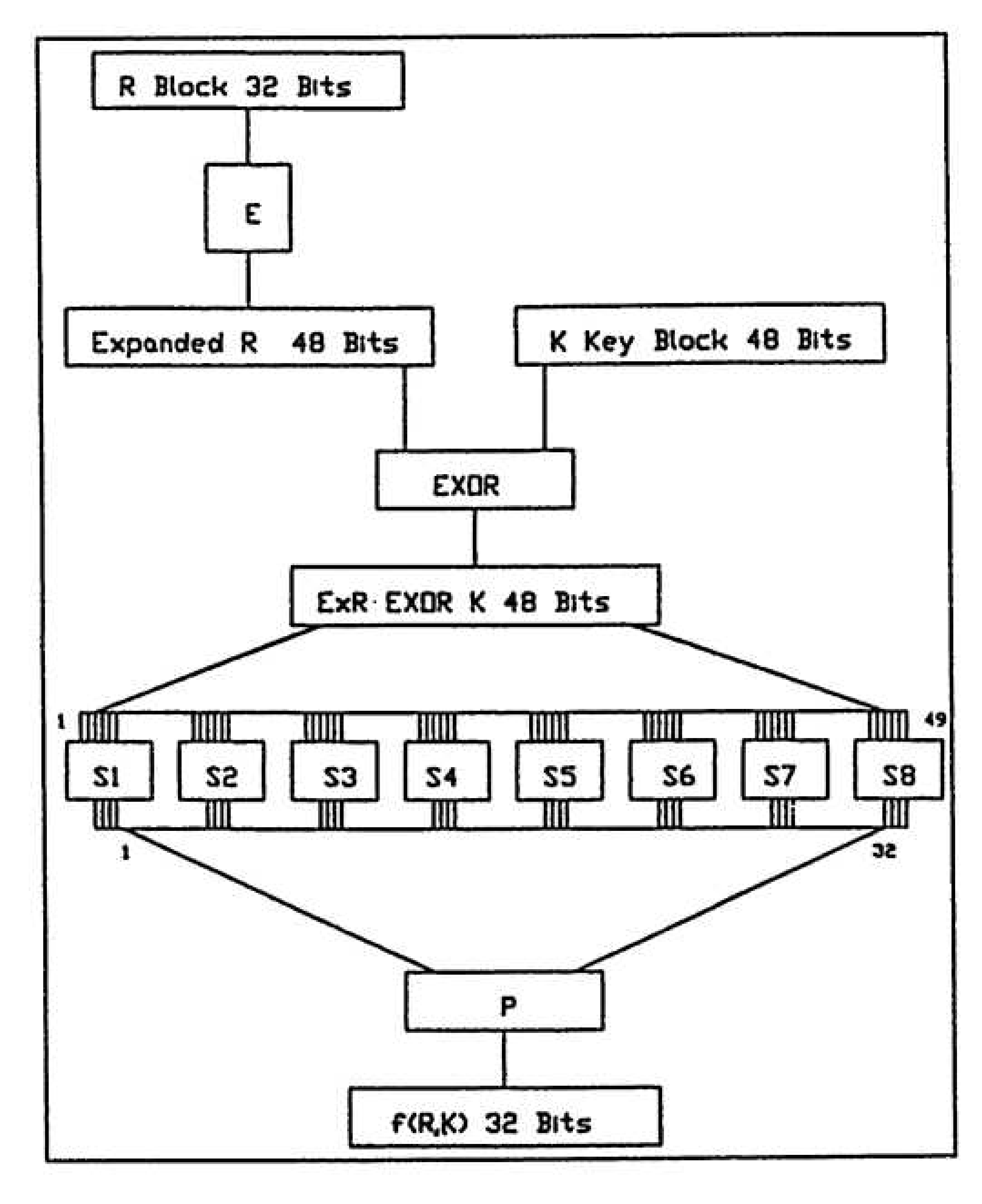
تستخدم الخانات الأربعة المتبقية في الكتلة لتحديد رقم العمود الذي يمكن أن يأخذ واحدة من القيم التي تتراوح بين 0 و 15، لأن الخانات الممكنة للخانات الأربعة تتغير من 0000 إلى 1111.

للإيضاح، إذا كان دخل الكتلة S1 هو القيمة 010111 فإن الخانات الأولى والأخيرة تدل على السطر أي 01 وتعني السطر الأول. والخانات المتبقية 1011 ترمز إلى العمود 11 في النظام العشري.

تتم هذه العملية على الكتل الثمانية (S1...S8) وتوابع الاختيار أو المصفوفات الخاصة بكل منها ويجري جمعها بعدئذٍ ضمن كتلة بطول 32 خانة.

إن مخارج وحدات الاختيار من S1 إلى S8 وعددها 32 خانة تشكل مداخل إلى مصفوفة تبديل P حيث يدل الرقم العشري على موقع الخانة. ونحصل عندئذٍ على خرج التابع F.

P			
16	07	20	21
29	12	28	17
01	05	23	26
05	18	31	10
02	08	24	14
32	27	03	09
19	13	30	06
22	11	04	25



شكل 18-15. مخطط صندوقي للتابع (R,K) f. هذا المخطط يمثل عمل خوارزمية التشفير/فك التشفير DES. المصفوفات S هي أساس التوابع F.

S1
14 04 13 01 02 15 11 08 03 10 06 12 05 09 00 07
00 15 07 04 14 02 13 01 10 06 12 11 09 05 03 08
04 01 14 08 13 06 02 11 15 12 09 07 03 10 05 00
15 12 08 02 04 09 01 07 05 11 03 14 10 00 06 13

S2
15 01 08 14 06 11 03 04 09 07 02 13 12 00 05 10
03 13 04 07 15 02 08 14 12 00 01 10 06 09 11 05
00 14 07 11 10 04 13 01 05 08 12 06 09 03 02 15
13 08 10 01 03 15 04 02 11 06 07 12 00 05 14 09

S3
10 00 09 14 06 03 15 05 01 13 12 07 11 04 02 08
13 07 00 09 03 04 06 10 02 08 05 14 12 11 15 01
13 06 04 09 08 15 03 00 11 01 02 12 05 10 14 07
01 10 13 00 06 09 08 07 04 15 14 03 11 05 02 12

S4
07 13 14 03 00 06 09 10 01 02 08 05 11 12 04 15
13 08 11 05 06 15 00 03 04 07 02 12 01 10 14 09
10 06 09 00 12 11 07 13 15 01 03 14 05 02 08 04
03 15 00 06 10 01 13 08 09 04 05 11 12 07 02 14

S5
02 12 04 01 07 10 11 06 08 05 03 15 13 00 14 09
14 11 02 12 04 07 13 01 05 00 15 10 03 09 08 06
04 02 01 11 10 13 07 08 15 09 12 05 06 03 00 14
11 08 12 07 01 14 02 13 06 15 00 09 10 04 05 03

S6
12 01 10 15 09 02 06 08 00 13 03 04 14 07 05 11
10 15 04 02 07 12 09 05 06 01 13 14 00 11 03 08
09 14 15 05 02 08 12 03 07 00 04 10 01 13 11 06
04 03 02 12 09 05 15 10 11 14 01 04 06 00 08 13

S7
04 11 02 14 15 00 08 13 03 12 09 07 05 10 06 01
13 00 11 07 04 09 01 10 14 03 05 12 02 15 08 06
01 04 11 13 12 03 07 14 10 15 06 08 00 05 09 02
06 11 13 08 01 04 10 07 09 05 00 15 14 02 03 12

S8
13 02 08 04 06 15 11 01 10 09 03 14 05 00 12 07
01 15 13 08 10 03 07 04 12 05 06 11 00 14 09 02
07 11 04 01 09 12 14 02 00 06 10 13 15 03 05 08
02 01 14 07 04 10 08 13 15 12 09 00 03 05 06 11

الجدول 18-2. قيم تابع التشفير المرجعية.

إجرائية فك التشفير DES.

يستخدم نفس الإجراء لفك التشفير ولكن بقلب ترتيب استخدام المفاتيح أي يصبح المفتاح الأول هو K16 والمفتاح الأخير هو K1.

هناك العديد من المفاتيح التي يشتق منها مفاتيح أخرى، وينتج عنها أصفاراً أو واحدات أو سلسلة متكررة من الواحدات أو الأصفار بعد الخطوة الأولى في إجرائية توليد المفتاح.

أنماط أخرى من DES

إن محددات DES غير مقصورة على نمط ترميز الكتاب الإلكتروني. فهناك نمط التشفير الرجعي Cipher Feeback ونمط تشفير الكتل المترابطة Cipher Block Chaining.

أ-نمط تشفير الكتل المترابطة CBC

في هذا النمط يطبق التابع EXOR على الكتلة المشفرة مع الـ 64 خانة التالية من النص الأصلي، وهذا كثير الشبه بمولدات السلاسل الشبه عشوائية. في مثل هذا النمط نحتاج إلى كتلة بدائية أو ما يعرف بشعاع التهيئة Initialization Vector وهي نواة لتوليد الأرقام الشبه عشوائية. هذا النمط يمكن أن يستخدم في المستقبل ضمن نظام EuroCypher كوسيلة حماية مزدوجة.

ب- نمط التشفير المرجعي CFB

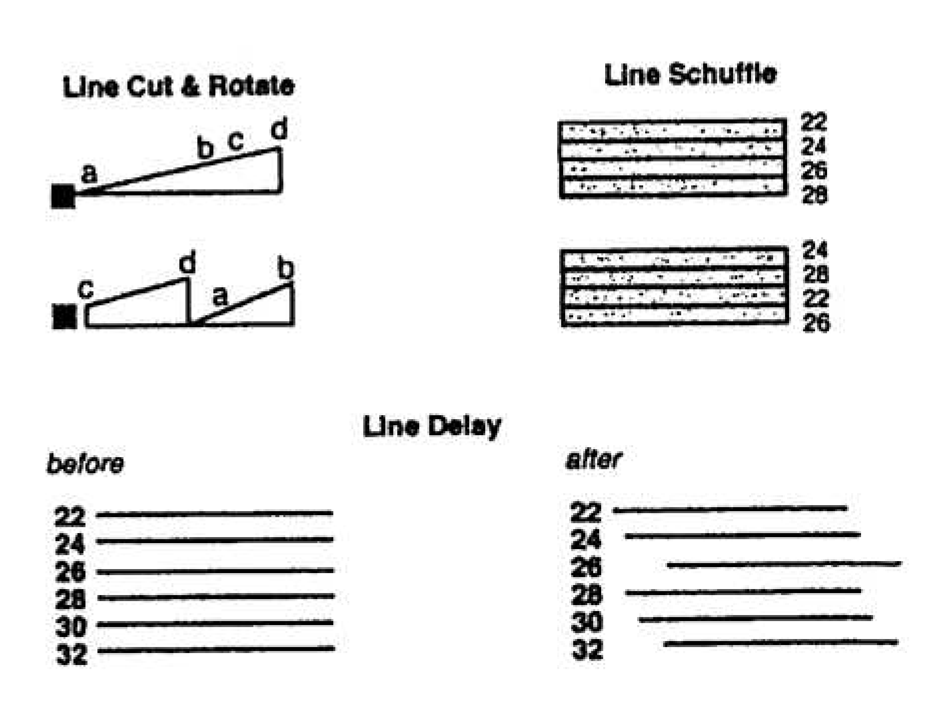
يطبق هذا النمط في الأنظمة التي يؤدي التعامل فيها مع 64 خانة إلى مشاكل عدة. جاء هذا النمط ليخدم أنظمة الحواسيب بشكل أساسي والتي تتعامل مع محارف ASCII القياسية ذات الطول 7 خانة، وكتلة النص الأصلي هي بعرض 64 خانة.

كما في نمط تشفير الكتل المترابطة، يستخدم شعاع التهيئة ويجري التشفير بتطبيق التابع EXOR على الخانات الموجودة في أقصى يسار خرج عملية التشفير الأولى وعدد من خانات النص الأصلي، يتم إرسال هذه الكتلة منقوصاً منها الخانات غير الضرورية. يساوي عدد الخانات المستخدمة عدد خانات النص الأصلي وتهمل بقية الخانات في الكتلة المشفرة. وتستخدم كتلة النص المشفر لتوليد الكتلة المشفرة التالية.

تشفير نظام MPEG

يتألف نظام MPEG-2 الرقمي من مجموعة أقنية قابلة للعنونة وخاضعة لخوارزميات وأساليب أكثر تنوعاً مما هي عليه في المجال التشابهي. فمثلاً، لا يتعرض نظام الوصول الشرطي Conditional Access (CA) في الإرسال الرقمي إلى ضغوط تتعلق بعرض حزمة التمرير كما هو الحال في أنظمة التشفير التشابهية، حيث ينبغي عنونة كل IRD بواسطة معطيات مزروعة في فترات الإطفاء الأفقي أو الشاقولي للإشارة التلفزيونية.

في التشفير التشابهي (شكل 18-61) يرى المشاهد عموماً أشكالاً هندسية غير محددة المعالم على الشاشة تدل على وجود إشارة مشفرة. في حين تبدو إشارة MPEG-2 لجهاز IRD بدون عنوان مثل ضجيج عشوائي غير مميز. ويمكن استخدام جهاز تحليل طيف لكشف وجود إشارة. ولكن لا توجد طريقة للتأكد فيما إذا كانت الإشارة الرقمية تحتوي على معلومات فيديوية أم لا سواءً من إظهار الطيف أو من قراءة مستوى الإشارة.



شكل 18-61 تقنيات التشفير التلفزيوني الفضائي التشابهي

تشترك مسالك التحكم لأنظمة MPEG-2 بكثير من الخصائص الهامة لمثيلاتها التشابهية، فمثلاً تستخدم مولدات المتواليات الثنائية شبه العشوائية لتوليد مفاتيح الكترونية، و إن التزامن الدقيق بين المرمز وكاشف الترميز هو من متطلبات النظام الهامة. وكذلك بطاقات smart، إضافة للقارئ الخاص بها (المسمى أيضاً بوحدة الوصول الشرطي conditional access) و التي تشكل جزءاً من أجهزة IRDs الرقمية، هي أيضاً مركبات متممة لأنظمة التشفير الرقمي.

في الحقيقة، تستخدم بعض الأقنية الرقمية أنواعاً خاصة من أنظمة الوصول (مسالك التحكم) التي سبق أن استخدمت في التشفير التشابهي للإرسال التلفزيوني. فمثلاً Direc TV اعتمد أحد أنواع أنظمة Video Crypt CA التي طورتها شركة News Datacom للتلفزيون التشابهي في أوروبا، كذلك النظامين Video Cipher RS (التشابهي) و DigicipherII (الرقمي) الذين جرى تطويرهما من قبل شركة GE لهما العديد من المزايا المشتركة.

إن أنظمة التشفير الرقمية لها مفاتيحها الخاصة، مع ذلك فإن نقاط تطبيق التشفير الرقمي ليست محدودة بنقاط واقعة على خطوط الفيديو. بل إنها تقع ضمن مربعات مؤلفة من 8 × 8 نقطة مضيئة تشكل في مجموعها كتل النظام MPEG-2.

يمكن تشبيه الوحدات الستة (أربعة للإضاءة و اثنتين للألوان) ضمن التركيب 0 : 2 : 4 بالوجوه الستة للأحجية puzzle التي انتشرت عام 1970 تحت اسم مكعب "Rubik" واللعبة تقوم على تحريك المربعات من نفس اللون حتى تشكل أحد وجوه المكعب الستة. و كل من حاول أن يفعل ذلك يعلم بأنه يحتاج لبضعة أيام قبل أن يصل إلى الحل. و لنتخيل أنه في منتصف الطريق إلى الحل، قام أحدهم بتغيير الألوان عشوائياً لجميع المربعات، و يكون في ذلك نقطة الرجوع للبداية. و هذا ما يحدث فعلاً عندما يقوم المرمز بتغيير المفتاح الالكتروني و/ أو القفل seed عند فترات دورية.

إن جميع أنظمة التشفير التشابهية محدودة في فاعليتها لأن التقنيات المستخدمة ذات طبيعة فراغية. ويتم معالجة الصورة بإعادة ترتيب خطوط الفيديو أو أجزاء الخطوط، و تكون النتيجة هي ظهور صورة مرئية على الشاشة، في حين ينجم عن تحوير المصفوفة المكممة إشارة يستقبلها الجهاز IRD الغير مرخص له بالكشف وكأنها ضجيج عشوائي. و بدلاً من إظهارها كإشارة معماة على الشاشة، سوف تبدو كرسالة على خلفية سوداء تبين للمشاهد بأن IRD الرقمي لا يملك بطاقة smart التي تمكنه من كشف ترميز الإشارة.

إن الطرق المستخدمة لترميز كل مصفوفة مكممة هي طرق وحيدة و مخصصة للوصول إلى كل نظام، و لكن جميع أنظمة الوصول CA تعتمد خوارزميات رياضية لتحوير كل مصفوفة بطريقة أكثر تعقيداً من الطرق المحققة في أنظمة التشفير التشابهي.

البطاقات الذكية Smart Carts

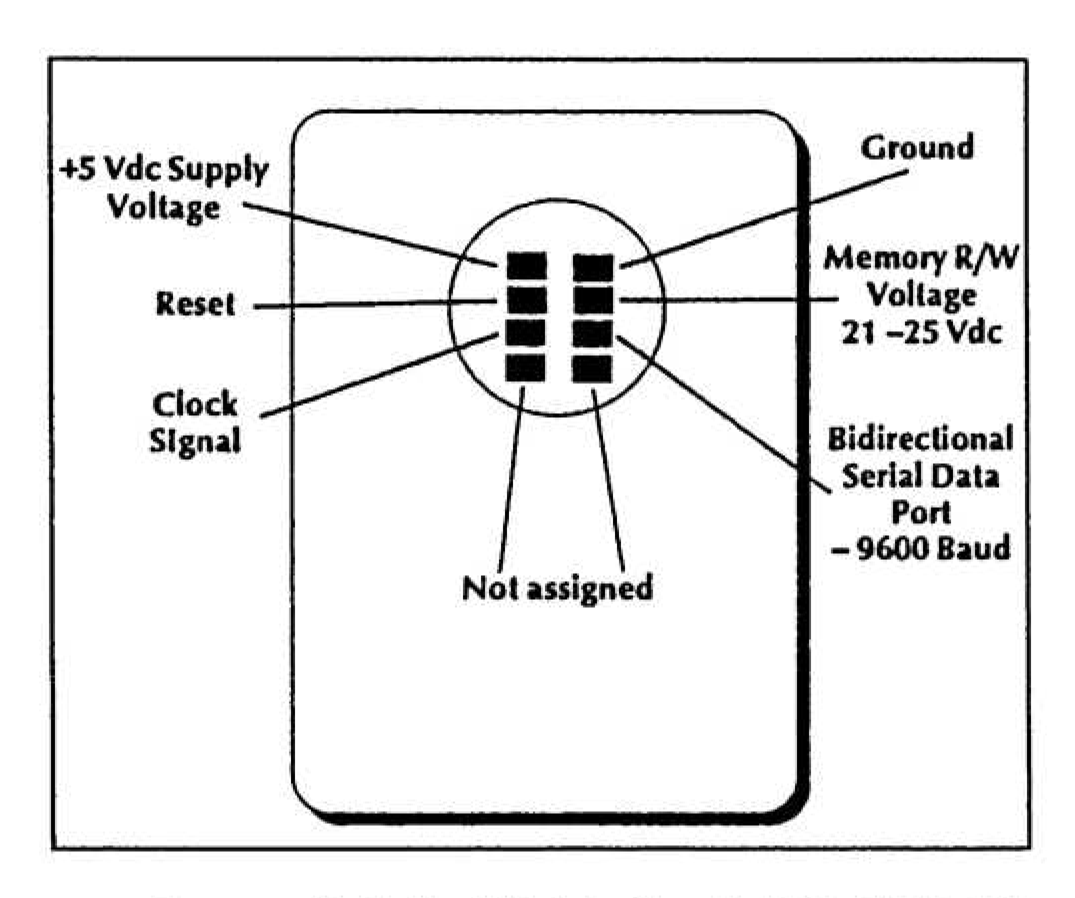
تشكل البطاقات الذكية جزءاً أساسياً في أنظمة التشفير المستخدمة في أوربا. وهي تختلف عن البطاقات المغنطة وبطاقات الائتمان بتركيبها ومعالجتها.

شكلت هذه البطاقات جدلاً واسعاً حول هوية عناصرها الأساسية. في اختبار إتلافي تبين وجود بعض الدارات تحت الواصلات الذهبية Connector Pad. في الحقيقة يوجد نوعان من البطاقات الذكية:

1. البطاقات المتصلة وهي التي تحتاج إلى اتصال مباشر مع دارة كاشف التعمية كما في بطاقات SKY, France Telecom Visiopasse.

2. البطاقات الغير متصلة: لم تستخدم بعد في كشف الترميز، واقتصر استخدامها في بعض البنوك وعمليات التصنيع في المعامل. إنها تستخدم مهتزات لتوليد العديد من الترددات اللازمة لتأمين التغذية اللازمة للبطاقة. وتتكون الدارة الكهربائية فيها من مرشحات ومقومات لكشف الإشارة القادمة من كاشف التعمية وتحويلها إلى جهد مستمر. هذا النوع من البطاقات غير واسع الانتشار بسبب ارتفاع كلفته.

للبطاقات الذكية ثمانية مداخل، يستخدم ست منها فقط وهي مستخدمة بشكل واسع في الهواتف العمومية وبطاقات البنوك (شكل 18-17).



الشكل 18-17 وظائف الوصلات في البطاقات الذكية حيث تستخدم ست مداخل فقط من أصل ثمانية مداخل.

بنية البطاقة

تتألف البطاقة بشكل رئيسي من معالج وذواكر على أنواعها (RAM, EEPROM, EPROM, ROM) "الشكلين 18-18 و18-19". إن المعلومات الموجودة في ROM لا يمكن تبديلها، في حين يمكن مسح المعلومات من الذاكرة EPROM عن طريق أشعة فوق بنفسجية، وتستخدم الذواكر EEPROM على نطاق واسع في البطاقات الذكية، لأنه يمكن برمجتها كهربائياً. وهي أكثر استخداماً من EPROM كما في بطاقات SKY.

المعالج هو راقبة Microcontroller من نوع 6805 وتتميز بطاقة Visiopasse بالمعاملات التالية:

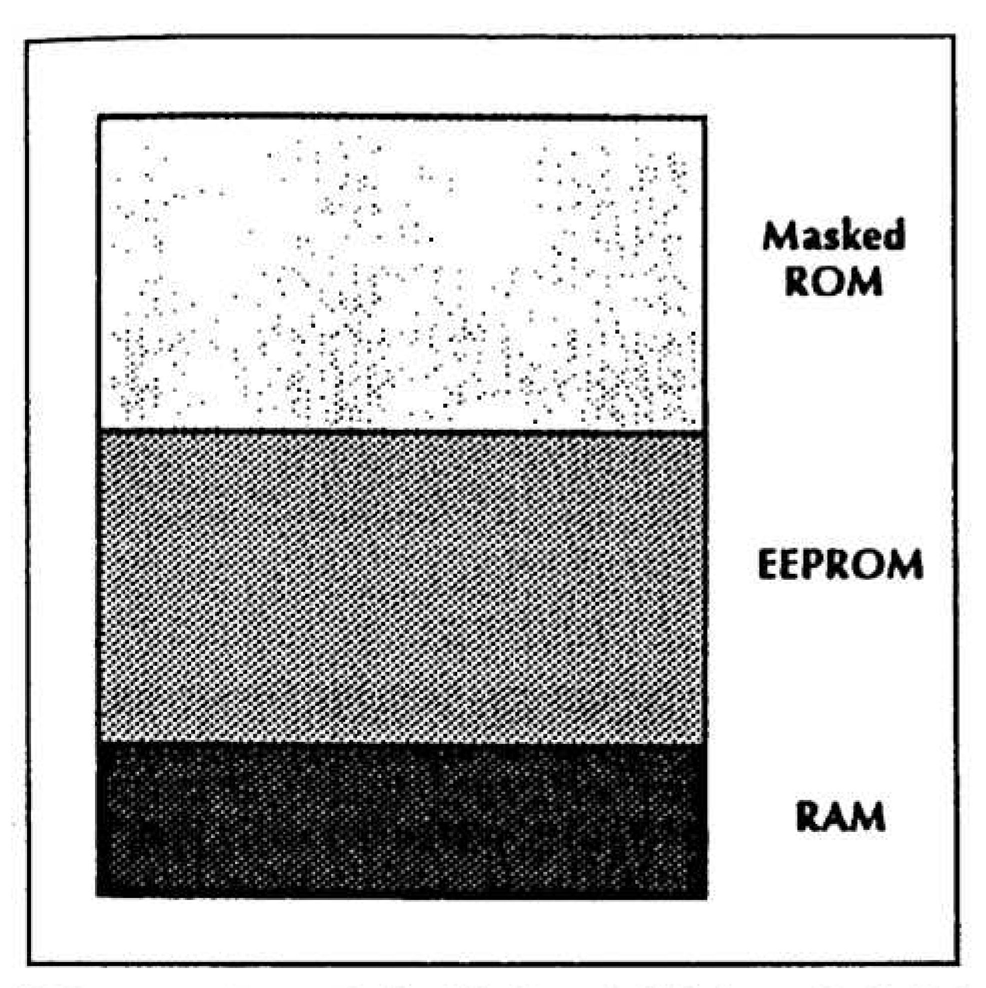
RAM : 128 Byte

ROM : 6144 Byte

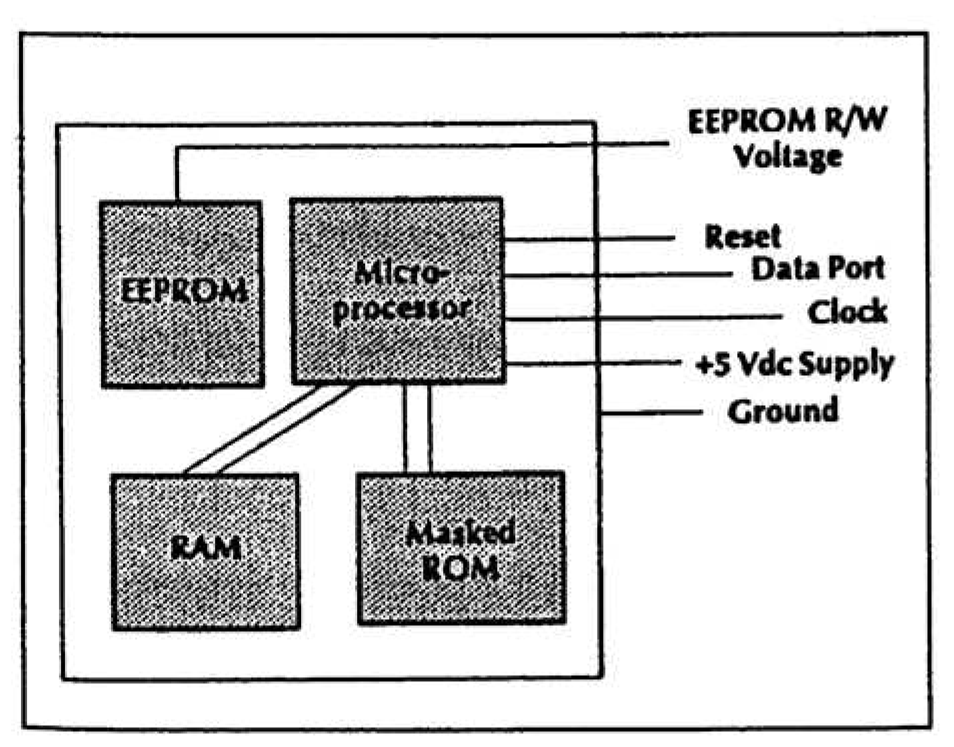
EEPROM : 8192 Byte

يتم تخزين البرنامج الرئيسي وخوارزميات فك التشفير في الذاكرة ROM، أما EEPROM فتحتوي على معلومات خدمية خاصة هي: رقم التصريح، رقم البطاقة، رقم المشترك، وتاريخ البطاقة. وتستخدم الذاكرة RAM كمناطق تخزين مؤقت تفيد في عملية فك التشفير. وبما أن كل هذه الذواكر موجودة ضمن قطعة واحدة 6805؛ فلا يمكن قراءتها. وإذا حاول أحدهم استخدام Electron Microscope فستفرغ محتويات الذاكرة EEPROM فوراً.

يمكن أن تحتوي ذواكر EEPROM على تصريح استخدام لكل قناة مع مدة التصريح.



شكل 18-18. مخطط الذاكرة للبطاقة الذكية. تتكون من ROM، EEPROM و RAM، تحتوي الذاكرة RAM على برامج تشغيل البطاقة وخوارزمية فك التشفير لجميع الأقنية، وتتضمن الذاكرة EEPROM معطيات عن رقم التصريح، رقم المشترك، رقم البطاقة وتاريخ انتهاء الاشتراك، وتستخدم RAM كمنطقة تخزين مؤقتة.



شكل 18-19. البنية الداخلية للبطاقة الذكية. الراقبة والبطاقة الذكية مصنوعة على جذاذة وحيدة ولا يمكن فحص المعلومات التي تنتقل من ذاكرة إلى أخرى مباشرةً لأن البنية الداخلية لا تسمح بذلك.

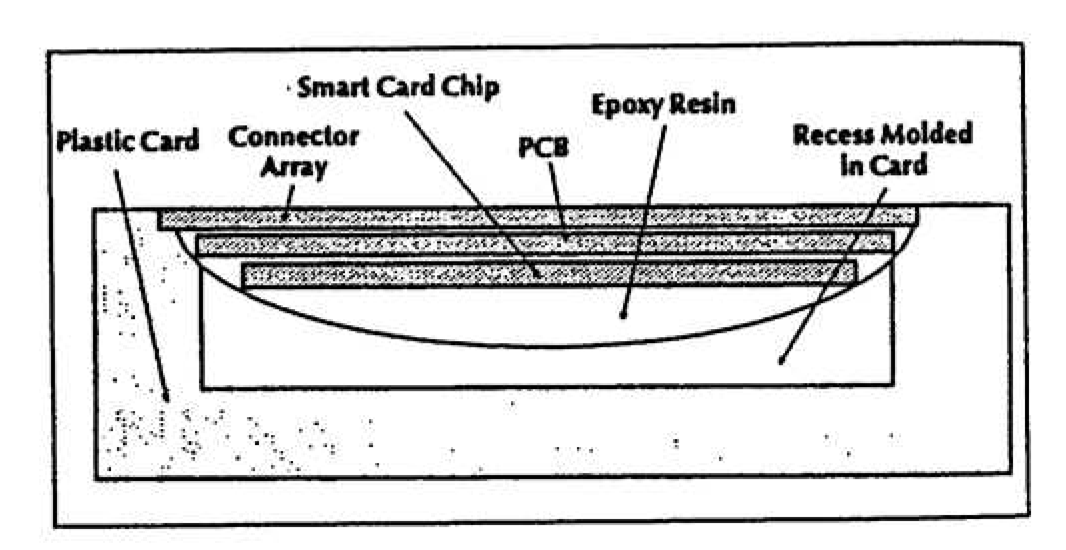
التصميم والتصنيع

يتطلب تصميم البطاقات الذكية عدة شهور حيث أن الذاكرة ROM الموجودة في البطاقة يتم برمجتها بطريقة القناع بحيث تصبح البرامج جزءاً من الدارة. ولكتابة وفحص البرنامج يُستخدم نظام معالج صغري يماثل البطاقة الذكية موصول إلى حاسوب شخصي.

يقوم مطور البرنامج بكتابة واختبار البرامج. فإذا تم تشغيلها بنجاح فإنها تحمل على مقلد البطاقة الذكية، ومن ثم يتم وصلها مع كاشف الترميز للتأكد من أداء جميع البرامج.

في هذه المرحلة، ترسل البرامج على أقراص مرنة إلى المصنع، ويتم برمجة الترميز على الذاكرة EPROM وإرسالها إلى المستثمر ليصار إلى اختبارها. ثم يتم تصنيع عينات من البطاقة وتفحص للتأكد من أدائها قبل التصنيع الكمي.

يتم تثبيت الدارة المتكاملة على حامل الدارة المطبوعة بواسطة مادة الإيبوكسي، وتوصل نقاط النحاس بأسلاك إلى الحامل ومن ثم إلى شبكة التوصيلات. تتوضع الدارة المتكاملة ضمن قالب بلاستيكي يحمل البطاقة الذكية (شكل 18-20)



الشكل 18-20 مقطع عرضي في البطاقة الذكية.

عند هذه المرحلة، لا يوجد ضمن EPROM أية معطيات خدمية وتضاف هذه المعطيات إلى البطاقة بعد التأكد من صلاحية البرنامج.

التشغيل

تعتبر البطاقة بمثابة حاسوب جزئي لأنها تتطلب دارات أخرى ومداخل لتعمل بشكل صحيح. ولا تستطيع البطاقة العمل بمفردها فلا بد من تزويدها بساعة خارجية وتغذية كهربائية 5 فولت، وإشارات التحكم الخاصة بها (تصفير، إشارة قراءة / كتابة).

يستخدم أمر التصفير لتهيئة البرامج ضمن البطاقة. وليتم برمجة EEPROM ، يستخدم جهد عالي 20 فولت ولأجزاء من الألف من الثانية وذلك كل ثلاث ثوان لتفادي التسخين في البطاقة.

تستخدم البطاقة ارسالاً تسلسلياً لنقل معطيات RAM مستخدمة لذلك معدلاً للارسال 9600 خانة/ثانية.

بعد ادخال البطاقة ضمن كاشف التعمية يعطى أمر بالتصفير حيث تفرغ RAM ويقوم معالج البطاقة بتنفيذ برنامج الاقلاع الذي يفحص صلاحية البطاقة. عندها تصبح البطاقة جاهزة لتلقي المعطيات من كاشف التعمية Descrombler حيث يفك شيفرتها باستخدام البرنامج الموجود ضمن ROM وذلك بوجود معطيات التشغيل الواردة من الذاكرة EEPROM ثم يعاد ارسالها إلى كاشف التعمية. إن المعطيات التي تتناقلها البطاقة وكاشف التعمية مشفرة أيضاً، حيث يستخدم معالج مخفي ZC404044 أو AC404047 لكسر الشيفرة والحصول على المفتاح المصدر(البذرة). يستخدم نظام الدفع عند المشاهدة Pay Per View (PPV) بشكل واسع مع نظام البطاقة الذكية. حيث يشتري المستخدم عدداً من الوحدات tokens كل فترة وعادةً تكون 99 وحدة. يتم برمجة البطاقة الذكية ليقرأ عداد الوحدات 99. وعندما يريد المشاهد رؤية برنامجاً معيناً كفيلم مثلاً، فإنه يضغط على زر الدفع Pay الموجود في كاشف التعمية وينقص الرصيد بمقدار الكلفة المكتوبة على الشاشة.

إن عملية العد (PPV) معقدة للغاية وليست بهذه البساطة، لأن القرصان يستطيع تثبيت قيمة الرصيد عند الحد الأعظمي وهو أمر معروف في مجال قرصنة الألعاب ويدعى "Infinite Lives Joke" .

العنونة والسرية

تستخدم طريقتان لتفعيل البطاقات الذكية: الأولى مستخدمة في نظام SKY Movie، حيث تكون البطاقات صالحة للعمل بمجرد الخروج من مركز الاشتراك وعلى جميع أجهزة SKY لكشف التعمية. ولكن يتم تعطيل البطاقات من خلال رسائل ترسل عبر الهواء، هذه الرسائل جزء من الذاكرة EEPROM بحيث لا يمكن للبطاقة تشغيل كاشف التعمية. ولكي يعاد تفعيل البطاقة تقوم SKY بإرسال تعليمات إلى كاشف التعمية لإعادة برمجة الجزء المكتوب من الذاكرة.

والطريقة الثانية، تأتي البطاقة عاطلة عن العمل حتى يتم وضعها في الجهاز وتلقي أمر التشغيل من مركز الاشتراك عن طريق العنوان. تتصف هذه الطريقة بأنها تستغرق وقتاً أطول للعنونة لذلك فهي أعلى كلفة.

هل نظام البطاقات الذكية منيع على القرصنة

بكل بساطة الجواب هو لا. لأن هناك دائماً نقطة (أو نقاط) ضعف يمكن استغلالها. فنظام Video Crypt تمت قرصنته باستخدام نظام Mc Cormac Hack وباستخدام تقنية الهندسة العكسية. ولكن نظام التشفير السابق أمكن تعديله بما يتلاءم والرد على نظام القرصنة الذي يتمتع بمرونة عالية واختراق النظام من نقاط مختلفة في كاشف التعديل.

أما بالنسبة لنظام Video CipherII فهو يعاني من اختراق مكثف في أمريكا الشمالية، لذلك لم يعتمد في أوربا. كما أن خوارزمية DES التي كانت تعتبر إحدى المزايا لم تكن مرمزاتها تصدر خارج الولايات المتحدة إلا بترخيص، وإن سعرها المرتفع (الذي يزيد ثلاث مرات عن سعر النظام Video Crypt) قد حد من انتشار هذه التقنية في أوربا.

عند تطبيق نظام القرصنة، تم التعرف على واجهة الاتصال بين المرمز D-MAC ووحدة التحكم بالوصول Access Control Module التي تعتبر شكلاً معدلاً وربما محسناً لنظام VCII.

هل يمكن هزيمة Mc Cormac Hack

تتعرض النظم ذات "الهيكلية الجامدة" للقرصنة بسهولة.

ولقد أخطأ المصممون لأنظمة كشف التعمية النظامية حين اعتقدوا بأنه يكفي لتجنب الاختراق زرع دارات متكاملة مخصصة تحتوي مفاتيح قابلة لإعادة البرمجة. إن تشغيل نظام Mc Cormac Hack يزود القراصنة آنياً بالمفاتيح الجديدة . وإنه من الصعب إيجاد وسيلة لوقف الاختراقات مع الاحتفاظ بالطبيعة الجامدة للنظام. والحل الأمثل يكمن بالبحث عن بنية مرنة ذات تدفق معطيات مخفية وسريعة. إن البطاقات الذكية البطاقات الذكية كانت الخطوة الصحيحة الأولى في هذا المجال ولكنها تمت قرصنتها باستخدام الهندسة العكسية. وهذا ما جعل الكثيرين يتجهون نحو البطاقات الذكية جداً Super Smart Cards.



19

أنظمة التعمية الرائدة

استخدمت العديد من التقنيات لتعمية الارسال التلفزيوني الفضائي في أمريكا ولكن هذه الأنظمة الأولى لم تكن على درجة عالية من الوثوقية. لذلك اتجه معظم مالكي الأقنية لاختيار تقنية Video Cipher II وهو نظام صعب الاختراق وقد انتشر في الولايات المتحدة أما في أوربا فقد استخدم نظام Telease/Save وقد شاع انتشاره في أمريكا أيضاً.

Telease/SAVE

هذا النظام المعروف أيضاً باسم Sat-Tel SAVE وقد يكون واحد من أفضل الأمثلة لتوضيح العلاقة بين الكلفة والوثوقية، فبينما يبدو هذا النظام قليل الكلفة ظاهرياً وبأنه مقاوم لأعمال القرصنة، غير أن المستخدمين لهم رأي مختلف و كانت الحجة بأنه نظام مرحلي. استخدم هذا النظام في البداية لحماية عدد من الأقنية الرياضية والأقنية المخصصة لتسلية الكبار وذلك في الولايات المتحدة. وقد استخدم في أوربا من أجل تعمية أقنية تبث أفلاماً حديثة الإنتاج وللأقنية BBC2,BBC1 وفي كلتا القارتين تتعرض الأقنية المعماة لعدد كبير من الاختراقات، وقد أوقف العمل به ولكن لا زالت بعض الأقنية الأوربية تستخدم شكلاً معدلاً من هذا النظام، ومع ذلك يتم اختراقه ومن هذه الأقنية Red Hot الهولندية.

تقنية عمل النظام

إن عمل نظام Telease/SAVE سهل نسبياً، إذ يتم تخفيض مطال إشارة الفيديو وعكسها من ثم مزجها مع إشارة تداخل جيبية ذات تردد 94 كيلوهرتز تقريباً و هذا التردد قريب من التوافقية السادسة لتردد مسح الخط. ينجم عن ذلك تداخل بين الإشارات وصعوبة في الترشيح، كذلك يتضمن نظام MAAST تعمية إضافية للصوت.

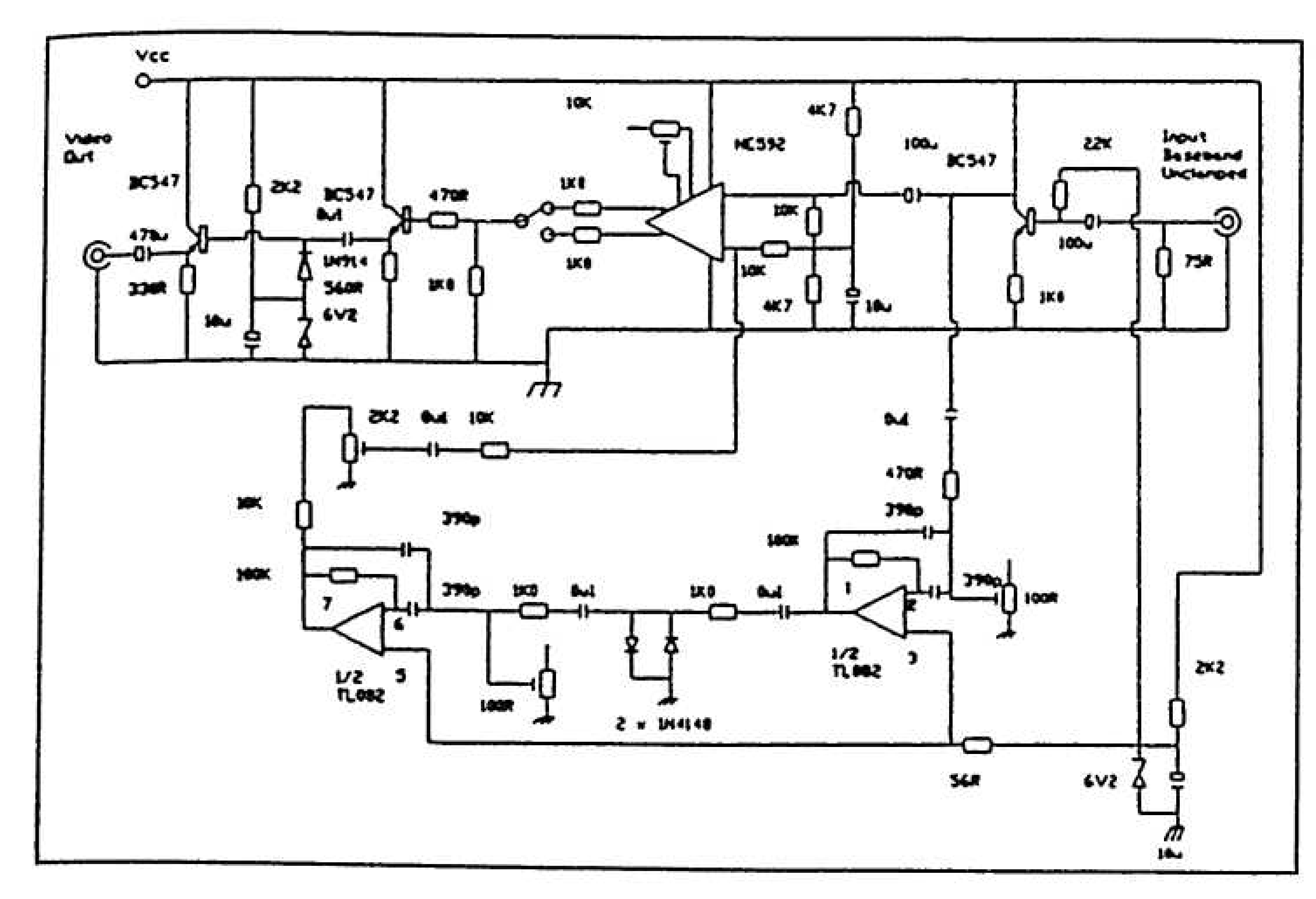
إن المحاولات الأولى لاختراق نظام SAVE كانت تعتمد إما على شبكة ترشيح مؤلفة من مكثف و ملف أو على مكبر عملياتي. والمبدأ يقوم على إزالة الموجة الجيبية من إشارة الفيديو. ولكن على الرغم من جودة التصميم نظرياً، غير أنه فَشِل من الناحية العملية. إذ أن المرشحات كانت ذات مجال تمرير عريض بحيث تزال الموجة الجيبية المتداخلة بالإضافة لموجات أخرى، وهكذا تضعف إشارة الفيديو في كاشف التعمية ولا يمكن تسويقه.

إن استخدام طريقة عكس الطور أو دارة إعادة تركيب الإشارة Recombination قد أثبتت فاعليتها لعزل الإشارة الجيبية المتداخلة، حيث يقوم مرشح LC أو مرشح فعال بتخليص الإشارة الجيبية من إشارة الفيديو. تعكس الإشارة الجيبية بعد ذلك. و هكذا يجب أن تلغى نظرياً حين مزجها مع إشارة الفيديو المعماة. إن المبدأ جيد، غير أن عرض حزمة تمرير المرشح تحدّ من استخدامه من جديد، ومع ذلك فإن النتائج كانت جيدة بحيث يمكن بيع كاشف التعمية وكان هذا أول نظام اختراق وقرصنة ولكنه كان يتطلب عملية ضبط طويلة ليعمل بأداء حسن، إضافة إلى أن القراصنة كانوا يجدون صعوبة في كسب وفير نظراً لأن الصورة لم تكن واضحة تماماً.

إن كاشف التعمية المبين في الصورة 19-1 يوضح المبدأ العام المستخدم في نظام SAVE، حيث يستخلص مرشح فعال الموجة الجيبية من إشارة الفيديو المعماة و يتم تغذية هذه الموجة مع إشارة الفيديو إلى مضخم فيديو تفاضلي يقوم بتكبير الإشارات المختلفة بالطور و يخمد بشكل حاد الإشارات المتشابهة في الطور عند الدخل. وبما أن الإشارة المستخلصة والإشارة الجيبية في إشارة الفيديو المعماة لهما نفس الطور، فإنهما ستنعدمان وتنتج إشارة فيديو صافية من الناحية النظرية. إن إشارة الفيديو الناتجة ليست مثالية ولكنها مقبولة وتتطلب ضبط للحصول على أداء أفضل.

المرحلة التالية في تطور كشف التعمية هي إدخال دارة

حلقة قفل الطورPLL التي تسمح باستخدام هزاز متحكم به بالجهد VCO (انظر الشكل 19-2) وذلك لتحسين استقرار كاشف التعمية ومتى تمت عملية الضبط الأساسية، فإن الكاشف يعمل لفترة تزيد عن عام دون ضبط.



شكل 19-1 كاشف تعمية مع مرشح فعال. يقوم الكاشف MAAST/SAVE بترشيح الموجة الجيبية المتداخلة من إشارة الفيديو المعماة. ويتم عكس هذه الإشارة وإضافتها إلى إشارة الفيديو المطلوب كشفها لإلغاء الموجة الجيبية. وبما أن المرشح يمرر أيضاً التوافقية السادسة لجهد الشبكة، لذلك فإن الصورة ليست ممتازة. هذا التصميم يعمل أيضاً مع نظام MAAST.

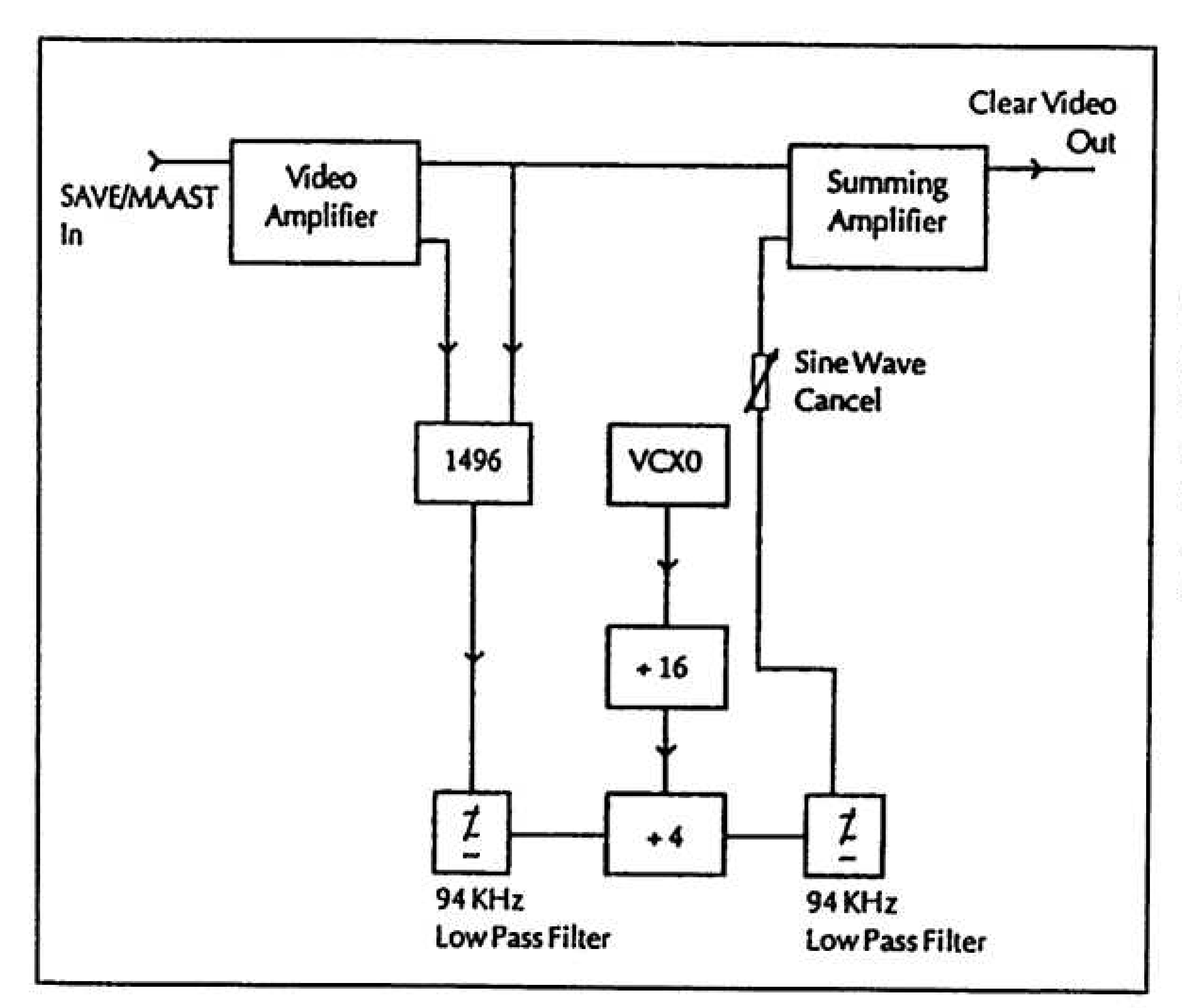
هذه الدارة هي شكل محسن لدارة ظهرت أولاً في كتاب Pink&Brown الذي يعتبر مصدراً أساسياً للقرصنة إذ يحتوي على تصاميم للعديد من أنظمة كشف التعمية. وقد ظهرت أيضاً هذه الدارة بشكل آخر في مجلة الإلكترونيات والراديو الأمريكية، وكانت تضم أخطاءً واضحة. كان ذلك تبعاً لقاعدة غير مكتوبة تقضي بأنه عند نشر دارة لفك التعمية فيجب أن تحتوي على خطأ أو اثنين للحد من انتشار الطريقة واقتصادها على من لديه القدرة على فهم وتصحيح الأخطاء. إن دارة الهزاز VCO في المرجعين السابقين قد سببت الكثير من المتاعب و تم استبدالها في التصميم اللاحق.

تتكون الدارة من جزأين، مكبر الفيديو وحلقة قفل الطور. المكبر الفيديوي هو مكبر من الصنف B ويستخدم مقاومات بقيم قياسية E24 وترانزستورات NPN وPNP. أما دارة الهزاز المتحكم به بالجهد VCO فهي تحتوي على كريستال لتأمين التردد وتتطلب فقط ضبط مقاومة متغيرة لتعمل بصورة جيدة. عمليات الضبط الأخرى تكون بهدف تنقية الموجة الجيبية ومن ثم إزالتها ولتحديد مستوى إشارة الفيديو.

يعمل هزاز VCO في مجال التردد 6 ميغاهرتز، ويتحدد التردد المطلوب حسب القنال المراد رؤيتها ولذلك تلزم عدة كريستالات إذا كان المطلوب هو ضبط كاشف التعمية للعمل مع عدة أقنية أو إذا كان يعمل مع ترددات متعددة كما هو الحال بالنسبة لاستخدامه في قنال BBC. إن بناء نموذج من الكاشف يعمل على عدة ترددات أمرٌ مكلف ولكنه يؤمن حماية أفضل نسبياً. يتم تقسيم تردد الهزاز VCO على 16 للحصول على موجة مربعة بتردد 376 كيلوهرتز، وهذا التردد يقسم بدوره على أربع ليعطي إشارة بتردد 94 كيلوهرتز ودارة التقسيم على أربع تؤمن طورين للإشارة ويختلفان بزاوية 90° درجة وهذا يعوض الانزياح في الطور لدى استخدام حلقة القفل الطوري ويسمح بإلغاء الإشارة تماماً، يقوم المرشحان القطعيان Elliptic بعد ذلك بإعطاء شكل جيبي للموجة المربعة، ويتم وصل خرج أحد المرشحين إلى كاشف تزامن حيث تجري مقارنته مع الخطأ الناتج واستخدامه للتحكم في الهزاز VCO.

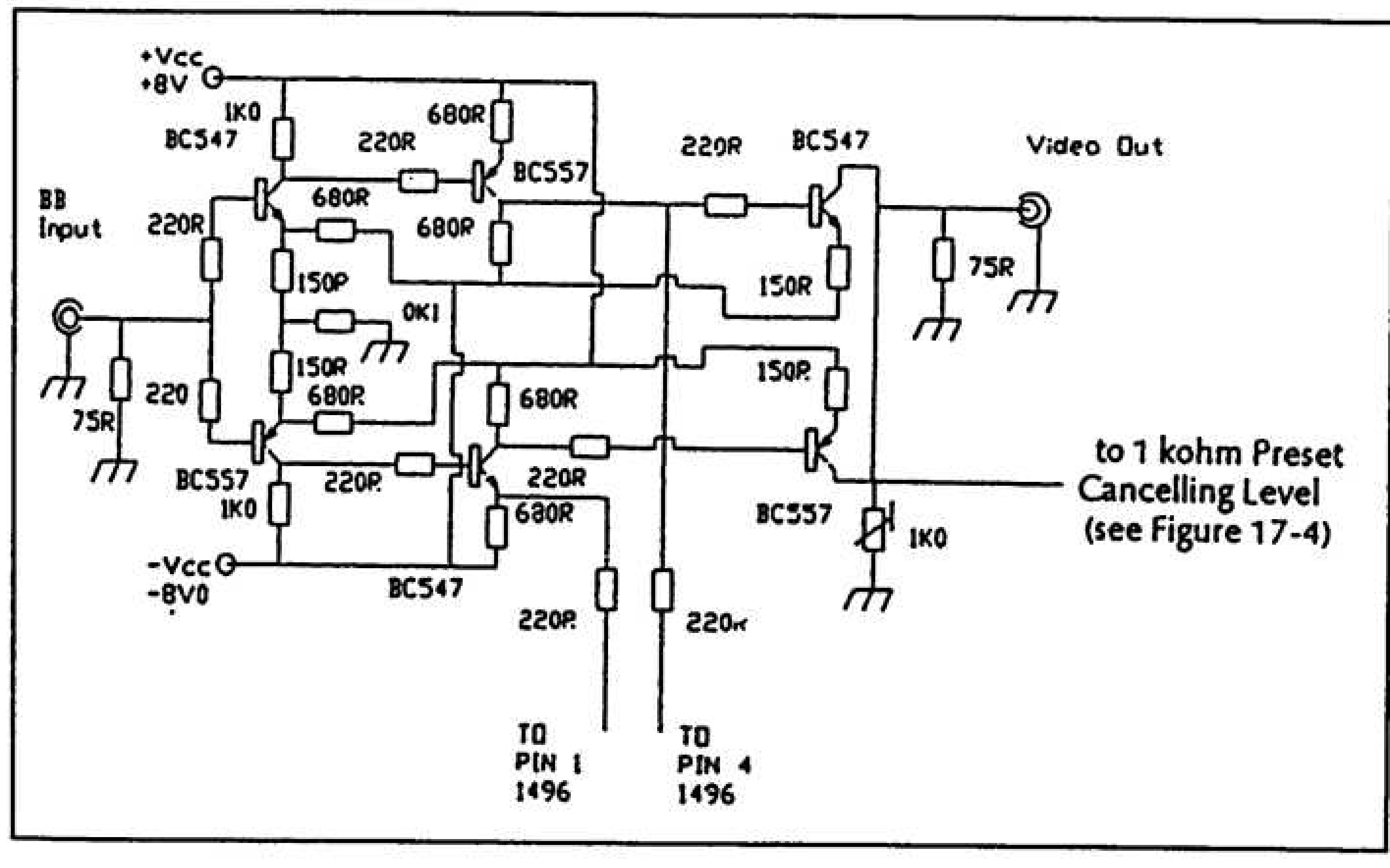
إن كاشف التعمية هذا قد حقق انتشاراً واستخداماً واسعاً في الولايات المتحدة وأوربا غير أن الدارة كانت مكلفة وذلك بسبب استخدام كريستالات أخرى من نوع خاص حيث أن ثمن الكريستال يساوي ثمن باقي العناصر الأخرى.

جرى تطوير نموذج آخر لحلقة القفل الطوري وذلك بهدف تخفيض الكلفة من خلال جعل الدارة أقل تعقيدا (انظر الأشكال 19-3 و 19-4) وفي أحد النماذج، يمكن بناء كاشف تعمية باستخدام أربع دارات متكاملة فقط ويؤمن صورة واضحة للرؤية تماماً. وقد تم استبدال الكريستال لاحقاً في الهزاز VCO بطنان سيراميكي تساوي قيمته واحد إلى عشرين من ثمن الكريستال.



شكل 19-2 مخطط صندوقي لكاشف تعمية باستخدام دارة PLL. إن عمل الدارة PLL التي تشكل أساساً لكاشف التعمية SAVE/MAAST يرتبط بالهزاز الكريستالي VCXO الذي يهتز بتردد 64 مرة من تردد الموجة الجيبية المتداخلة. إن التردد 6 ميغا هرتز يتم تقسيمه والحصول على إشارة تلغي إشارة الموجة الجيبية في إشارة الفيديو المعماة.

إن كواشف التعمية السابقة كانت محدودة الاستخدام لأنها تتطلب كريستالاً أو طناناً سيراميكياً من أجل كل قنال. وهكذا فإن نظاماً متعدد التردد لن يكون مجدياً من الناحية المادية لمصنعي كواشف التعمية. فمثلاً في نموذج SAVE المستخدم لدى قنال BBC، يتطلب سبعة كريستالات تقريباً. مع ذلك فإن المجلة Elektor قد نشرت تصميماً لكاشف تعمية في عددها الصادر في آذار 1990 وهو صالح لكافة الترددات في مجال التوافقية السادسة، وهذه الدارة لا تستخدم كريستالاً بل يستبدل بتقنية تصميم رفيعة المستوى. ولكونه لا يحتاج كريستالات فإن ذلك يجعل إنتاجه قليل الكلفة. (ولكن قنال BBC نجحت في إقناع Elector بسحب هذا العدد).



شكل 19-3 دارة فيديو في كاشف تعمية MAAST/SAVE. تتكون أساساً من مكبر من الصنف B ويتم ضبط مستوى الإشارة لإلغاء الموجة الجيبية من مفتاح على الواجهة الأمامية.

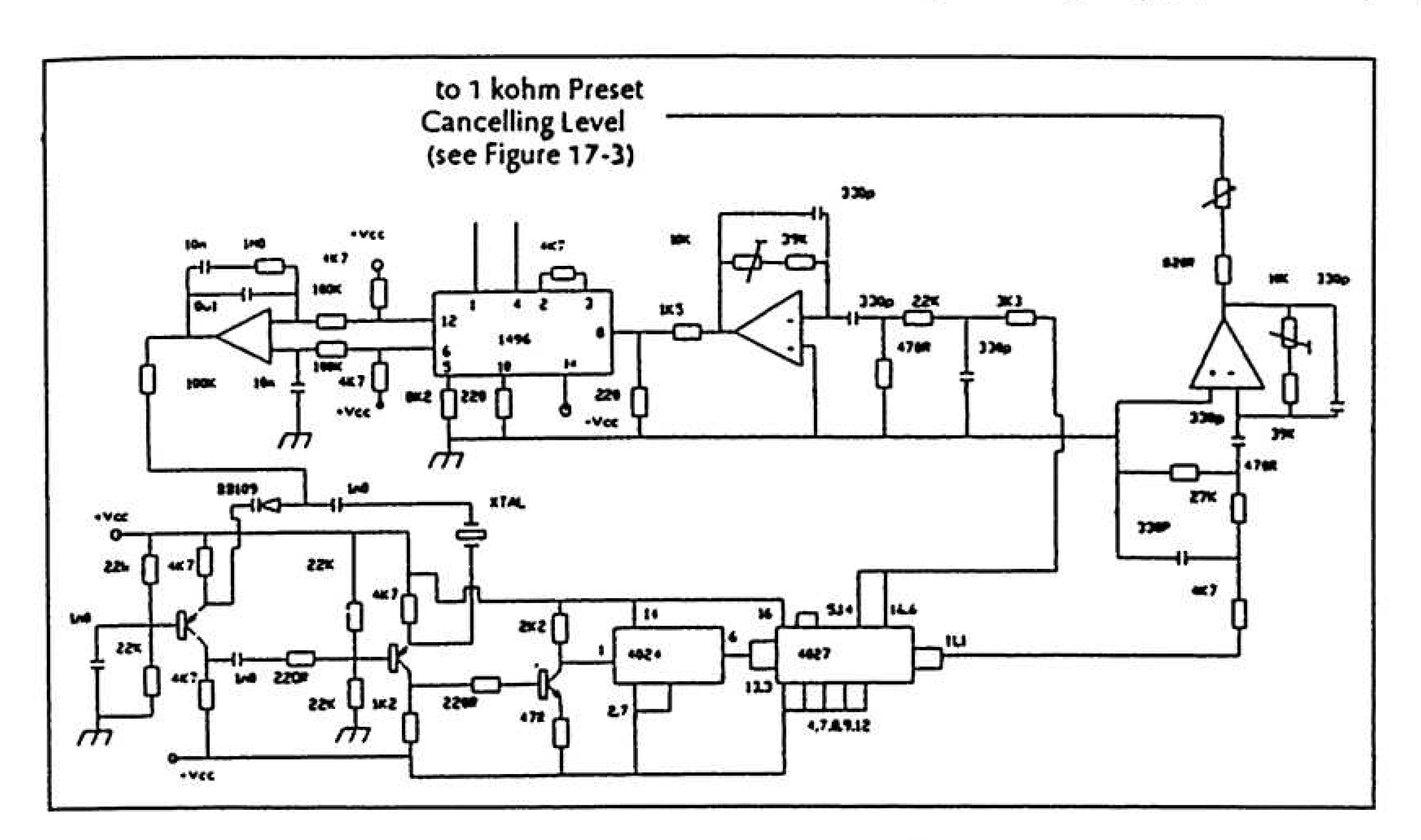
تاريخ مضطرب

تعرض نظام Telease إلى عدم استخدام نسبي في أمريكا الشمالية ولكنه استمر في أوربا حيث تولت الشركة البريطانية Sat-Tel تصنيع الشكل الأوربي SAVE. هذا الكاشف للتعمية ذو الصبغة الرسمية كان جيد هندسياً ولكنه أغلى ثمناً من كاشف يصنعه القراصنة، وكان ذلك خطأً فادحاً في المعركة ضد القراصنة.

لقد اعتمدت BBC مبدئياً نظام SAVE لحماية ارسال خدماتها عبر شبكة خطوط كوبنهاكن KTAS. وقد استخدم تردداً ثابتاً دون تعمية للصوت. ولكن النظام تم اختراقه بشكل واسع، المستخدم التالي لهذا النظام هي قنال Premiere، حيث

كانت الاستراتيجية ترتكز على استخدام هذا النظام كنظام تعمية مؤقت ريثما يتم تطوير نظام MAC أكثر وثوقية وأقل قابلية للاختراق.

للأسف فإن قنال Premiere لم تتمكن من البقاء حتى يصبح نظام MAC جاهزاً و لم يكن ذلك يعود كلياً لأعمال القرصنة بل لأن اعتماد تقانة SAVE كان ذو طبيعة بعيدة عن الاحتراف. وقد استخدم نظام SAVE أيضاً في القنال 10 الإسبانية، والتي دامت بضعة شهور فقط وكان اختفاؤها لأسباب لا علاقة لها بالاختراق.



شكل 19-4 دارة PLL. تعتمد حلقة القفل الطوري في كاشف التعمية SAVE على هزاز VCO يعمل بتردد 6 ميغاهرتز. تؤمن الدارة 4027 إشارتين مختلفين بالطور °90 درجة. وهذا يعوض انزياح الطور بمقدار °90 درجة في حلقة القفل الطوري.

في شهر آذار من عام 1989 قدر المحللون عدد أجهزة كشف التعمية الغير مرخص بها لاستقبال BBC و Premiere بحيث تزيد عن الأجهزة المباعة رسمياً. ومع ذلك، وبما أن BBC كانت تخطط لإطلاق قمر فضائي لخدمة الاتصالات عبر أوربا بكاملها، فإنها كانت تبحث عن نظام أكثر وثوقية. ولهذه الغاية فإن Sat-Tel قد صممت لها كواشف تعمية تعمل مع حوامل متعددة وأضافت إمكانية لتعمية الصوت، وكانت جميع النماذج السابقة من SAVE لا تستخدم هذه الإمكانية.

في معرض Cable&Satellite المقام في لندن عام 1989، أعلنت BBC عن نظام يمكن استخدامه لخدمة المشتركين في استقبال أقنية الأقمار الفضائية. وكان النظام متوفراً في بداية أيار حيث كان الجديد فيه بالنسبة لأنظمة SAVE السابقة هو استخدام تردد مختلف.

هذه الخطوة في دعم الوثوقية أدت إلى بلبلة بين مستخدمي الأجهزة الغير مرخص بها وكان عليهم إعادتها لمصنعيها لتحديثها. والعقبة الرئيسية التي واجهت القراصنة هي عدد الترددات التي أدخلتها Sat-Tel في التصميم، وحالما توفرت كواشف التعمية المرخص بها، تم إيجاد الحل حيث لوحظ أنه بمجرد تغذية كاشف التعمية وقبل أو بدون تطبيق إشارة دخل عليه فإنه يمر بكل ترددات التداخل الممكنة بخطوة ثابتة وهذا الاختبار البسيط أشار إلى أن كاشف التعمية المرخص به يضم سبع ترددات فقط.

إن أغلب المصنعون القراصنة أدخلوا تحسينات على منتجاتهم التي احتوت على مجموعة من الكريستالات وكان لبعضهم تصاميم رفيعة المستوى، خصوصاً الشركة البريطانية Hi Tech Xtravsion التي أدخلت كاشف تعمية مع مشكل ترددات Synthesiser إضافة إلى إمكانية لكشف تعمية الصوت، مما استدعى قنال BBC لإقامة دعوى قضائية ضد الشركة الإنكليزية.

في المحكمة أشار القاضي إلى أن القوانين الحافظة للحقوق لا يمكن تطبيقها لأن المستفيدين من الخدمة هم خارج المملكة المتحدة، لذلك يمكن لشركة Hi Tech الاستمرار في تصنيع وتصدير منتجاتها. و قد وضع هذا القرار سوق الاشتراك التلفزيوني في بريطانيا موضع الشك. وقد أحجمت قنال SKY Movies التي كانت على وشك البدء بتقديم خدماتها للمشتركين، لأنه من غير الطبيعي أن يكون مسموحاً للزبون بشراء كاشف التعمية من مصدر غير منتجه المرخص له.

ربما كان من قبيل الدعابة أن تحدث معظم القرصنة على إشارات لأقنية بريطانية في أماكن خارج نفوذ القوانين البريطانية. لذلك كانت الرسالة واضحة، ينبغي على أصحاب الأقنية عدم الاعتماد على القوانين لحماية أنظمتهم من الاختراق.

لقد أصبح نظام Telease/SAVE الآن نظاماً متقادماً، فهو ضعيف الأمان وقد تجاوزته التقنيات الأكثر حداثة ولقد أدى استخدامه في أوربا إلى كارثة. وهذا يوضح الفرضية بأن النظام الذي يعمل في الولايات المتحدة بشكل جيد لا يرجى منه أن ينتقل مع ذات النجاح إلى السوق الأوربية ما لم تدرس الوثوقية بدقة. وهذا لا يعني بأن القراصنة في أوربا يتفوقون على نظرائهم في أمريكا، ولكن لديهم المعرفة بما يكتبه الأمريكيون عن المنتج الذي بين أيديهم وهذا ما حدث بالنسبة لكاشف التعديل للوصلة BBC-KTAS الذي اشتق تصميمه من دارة MAAST و التي نشرت في الكتاب الأمريكي Pink And Brown.

حتى شهر آب 1993 بقي هذا النظام يستخدم في مناطق متفرقة في أوربا وقد كان لاستخدامه من قبل قنال Red Hot الهولندية مهرجاناً صغيراً في مبيعات كواشف التعمية غير النظامية.

نظام Zenith SSAVI

إن تسمية نظام SSAVI (اختصار للأحرف الأولى من اختزال التزامن وعكس الفيديو "Sync Suppression And Video Inversion")، وقد تم تطويره انطلاقاً من تقنيات التعمية للنقل التلفزيوني الأرضي عبر الكبل. مع ذلك فهو يمثل التقنيات المستخدمة في أنظمة التعمية الفضائية. ويوجد بعض الشبه بين هذا النظام وأنظمة أخرى لا زالت مستخدمة في أوربا (هناك تشابه في القواعد التصميمية مع نظام Film Net).

في النسخة الأمريكية من هذا النظام، تستخدم الخطوط 10، 11، 12 و 13 من إشارة الفيديو لإرسال معطيات حول المشترك وتفعيل Enable أو عدم تفعيل كاشف التعمية. فكل جهاز يحتوي على عنوان أو رمز خاص في الذاكرة RAM يتم مقارنته برمز يرسل دورياً عبر الهواء. فإذا لم يدفع المشترك الأجرة، يتوقف ارسال الرمز ويتوقف الجهاز عن العمل. هذه العنونة لكاشف التعمية تعني بأن النظام يتمتع ببنية قابلة للتحكم.

يعتمد نظام SSAVI على عدد من التقنيات لتأمين الحماية من الاختراق. فالتزامن الشاقولي و كذلك الخطوط في فترات الإطفاء العمودية لا تتغير، في حين تطبق التعمية على الخطوط من 27 وحتى 262. حيث يتم حذف فترات التزامن الأفقية وتعكس إشارة الفيديو إطاراً بعد إطار.

لا يتم إلغاء التزامن لجميع الخطوط، وبذلك يمكن لكاشف التعمية النظامي القفل على مولد تزامن الخطوط، وهذه تقنية شائعة في أنظمة التعمية الأرضية الأخرى، ولكنها أيضاً وفي أغلب الحالات سبباً رئيسياً في اختراق النظام.

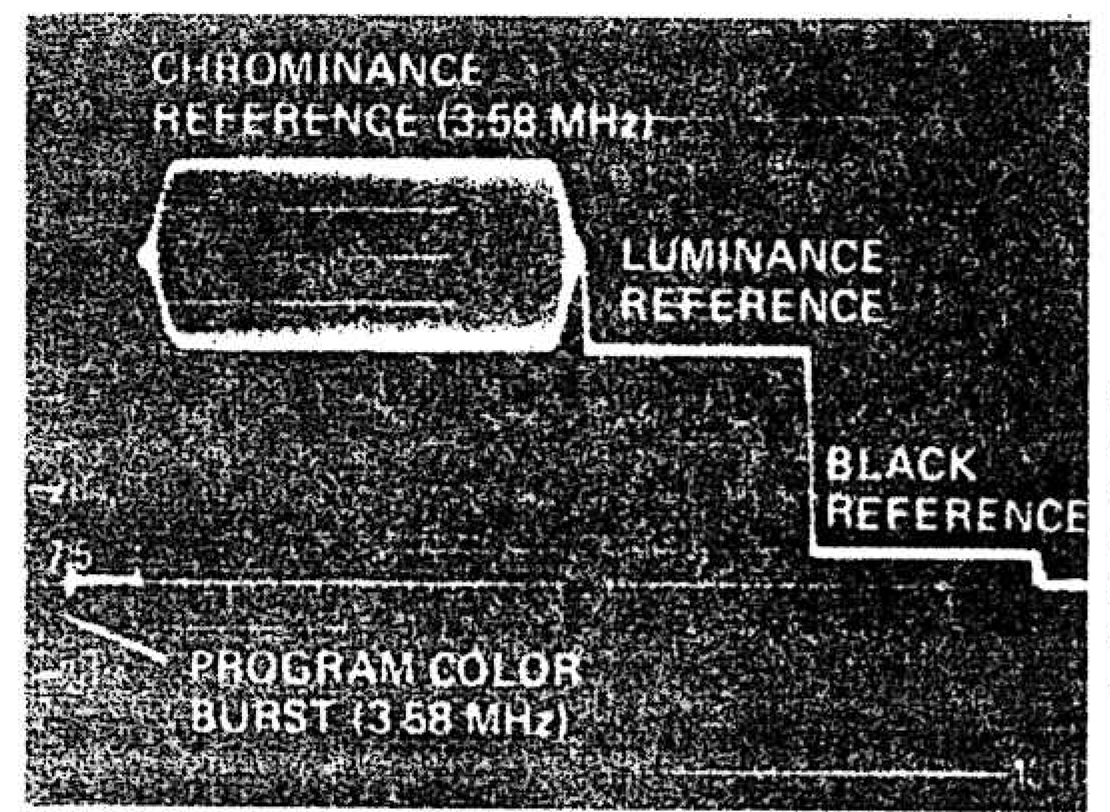
يعتمد نظام SSAVI على الاستخدام الديناميكي للإمكانات المتوفرة لجعل النظام أكثر أماناً. وهناك خمسة مستويات للأمان يمكن اختيارها من قبل عامل النظام أو عن طريق التحكم بواسطة الحاسوب وهي:

- إلغاء التزامن وعكس إشارة الفيديو بشكل عشوائي.
- إلغاء التزامن وأخذ المتوسط لمستويات القمم للفيديو المعكوس.
- إلغاء التزامن والحفاظ على إشارة الفيديو طبيعية.
- الحفاظ على تزامن طبيعي وعكس إشارة الفيديو بطريقة عشوائية.
- الحفاظ على تزامن طبيعي وأخذ المتوسط لقمم الفيديو المعكوس.

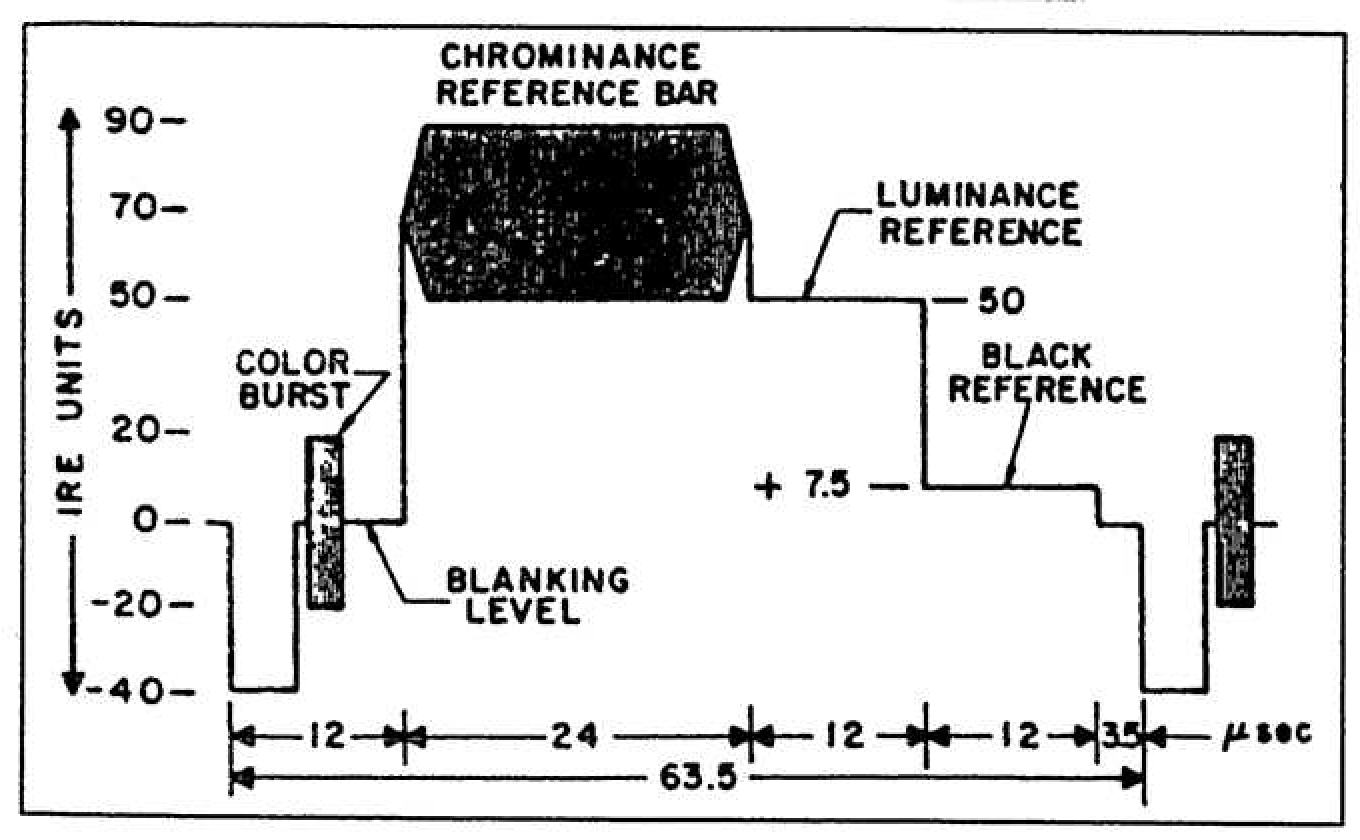
في حين تبدو هذه المواصفات ظاهرياً كافية لتأمين درجة عالية من الأمان، غير أن هناك ثمة خلل قاتل في التصميم يجعل من السهل اختراق هذا النظام. إذ أن إشارة الفيديو يتم عكسها إطاراً بعد إطار، لذلك فإن خطوط المستوى المرجعي للأبيض والأسود في فترات الإطفاء العمودية يمكن استخدامها من قبل القراصنة للتأكد من قطبية إطار الفيديو.

تستخدم أنظمة كشف التعمية الغير نظامية الخطوط الأولى من كل حقل للقفل على حلقة قفل الطور والتي تعمل بتردد يساوي 32 ضعف التردد الأفقي. إن استقرار حلقة القفل الطوري PLL يصبح مضموناً بعدئذ لدى إلغاء التزامن الأفقي ويستخدم مقسم مع كشف ترميز للحالة State Decoding وذلك لتوليد فترات الإطفاء الأفقية من أجل الخطوط المعماة.

يحوي الخط 19 في فترة الإطفاء العمودية على مستوى مرجعي أسود وأبيض (انظر الشكل 19-5). إن التزامن الأفقي طبيعي لهذا الخط و يعكس هذا الخط إذا كانت قطبية الفيديو في الإطار معكوسة. تستخدم في كاشف التعمية النظامي ذات التقنية المطبقة في دارات كشف التعمية التي يصنعها القراصنة من أجل كشف قطبية إشارة الفيديو. ولدى عكس قطبية الفيديو، ينجم عن ذلك عكس جزء الفيديو من كل خط في حين تبقى نبضات اللون والتزامن طبيعية. وينبغي على كاشف التعمية حينئذ تبديل القطبية لمنطقة الفيديو للخط المعمى.



شكل 19-5 إشارة مرجعية للون للفترة الشاقولية. إشارة الاختبار هذه تحتل عموماً كل من الحقلين للخط 19 في فترة الإطفاء العمودية. وهي تتألف من موجة مرجعية للون عند تردد نبضات اللون بالإضافة لمستوى الإشارة المرجعية لكل من الأسود والأبيض. هذه تشير إلى أن مستوى اللون أو إشارة اللون في حالة عدم توافق في الطور أو ذات مطال منخفض تماماً. وإن تشويه الصورة دليل مرئي على هذه التغيرات في الطور أو في مستوى إشارة اللون.



يتم تعمية الصوت في نظام Zenith SSAVI بتعديل ترددي على حامل ذو تردد 39.335 كيلوهرتز وهذا الشكل للتعمية جرى إيضاحه سابقاً.

كاشف التعمية غير المرخّص

إن الدارة الأساسية لكاشف التعمية غير النظامي (انظر الشكل 19-5) هي دارة PLL تعمل بتردد 504 كيلوهرتز ومغذاة بفاصل تزامن. تقفل الدارة على التزامن الأفقي قبل أن تصادف التعمية على الخط 27.

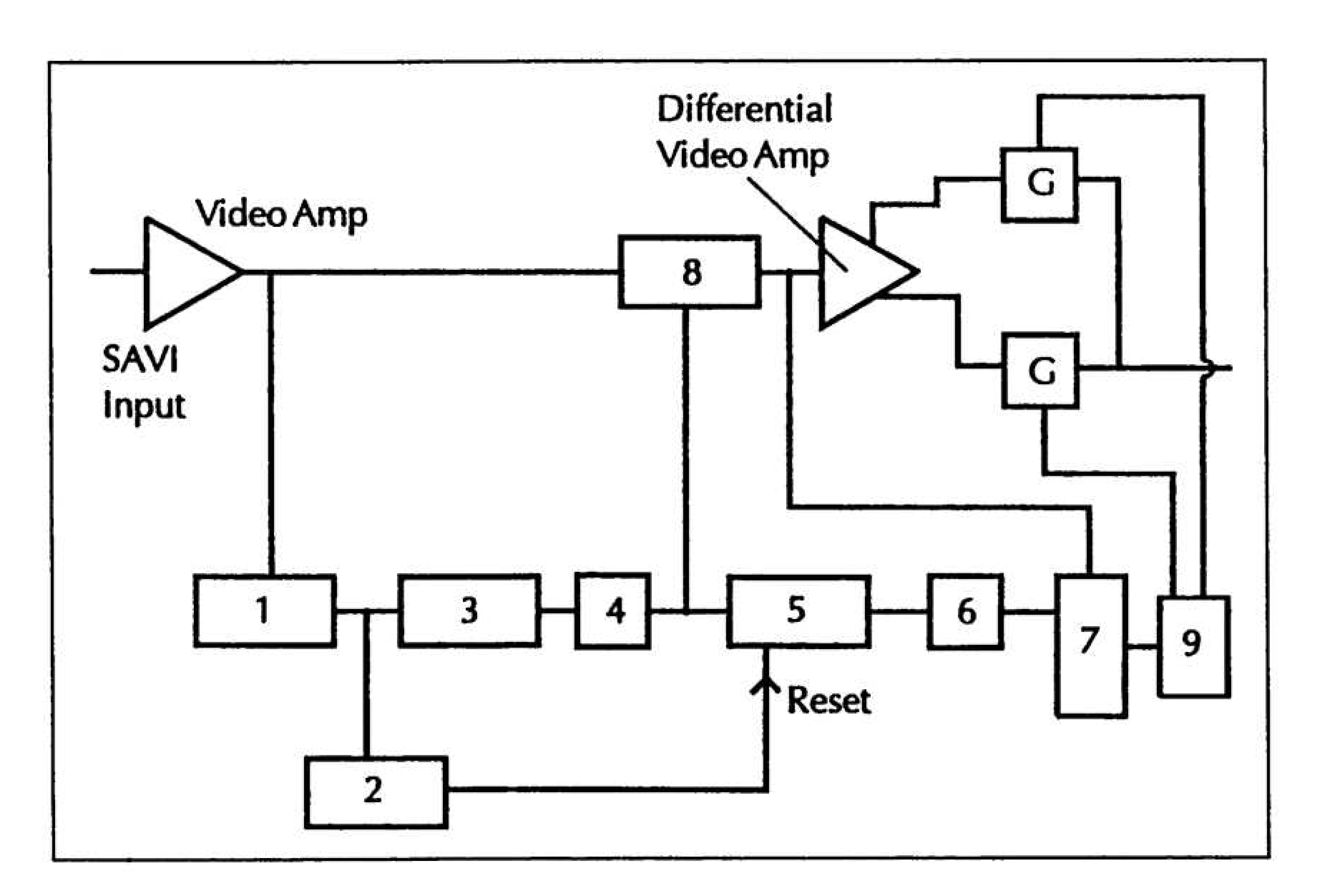
يغذي خرج دارة PLL عداداً يستخدم ليقود فترة الإطفاء الأفقي. هذه الفترة تغذي دارة توليد تزامن مهمتها رفع سوية التزامن الأفقي المضغوط، وتستخدم فترة الإطفاء الأفقي أيضاً لقدح عداد آخر، الذي يؤمن من خلال دارات منطقية "واحد" منطقي على الخط 19. وتستخدم نبضة الحقل لتصفير هذا العداد.

يستخدم الخط 19 بحالة "واحد" منطقي لتفعيل دارة أخذ العينات، فإذا كانت قطبية الفيديو في الحقل التالي طبيعية تكون فترة الفيديو 12 ميكرو ثانية للخط 19 في مستوى الأسود. وإذا كانت قطبية الفيديو معكوسة، تكون في مستوى الأبيض. تولد هذه الدارة لأخذ العينات خرجاً بحالة "واحد" منطقي حين تكون إشارة الفيديو معكوسة وبحالة "صفر" منطقي من أجل إشارة فيديو طبيعية. هذه الخانة العينة يتم تغذيتها لدارة قلاب أحادي الاستقرار يتحكم بقطبية الفيديو في منطقة التعمية في كل حقل. تتراكب هذه الإشارة لعكس القطبية مع شكل معكوس من نبضات الإطفاء الأفقية الموجبة المتولدة من دارة PLL ومن العداد والدارات المنطقية ومن إشارة جزء الحقل المعمى والذي يساوي "واحد" منطقي من الخط 27 وحتى الخط 260. وهناك بوابة AND بسيطة تسمح بتفعيل بوابة لعكس إشارة الفيديو أثناء الجزء المعمى من الحقل وذلك عندما تكون إشارة القطبية في حالة "واحد" منطقي وكذلك نبضة الإطفاء الأفقية المعكوسة. هذه العملية تؤكد على أن منطقة الفيديو

لخط معكوس هي فقط التي يتم عكسها من خلال بوابة عاكس بكاشف التعمية.

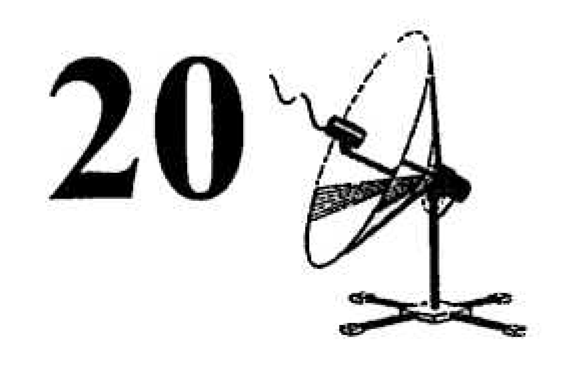
هذه طريقة بسيطة وفعالة لكشف التعمية لإشارة معماة بنظام SSAVI، وتعتمد النماذج الأولى لهذه الدارة على استخدام ناخب كبل Zenith الذي يحتوي على دارة PLL مع خرج لفترة إطفاء أفقي وخرج لإشارة فيديو مركبة أصلية (baseband). يعمل الهزاز في دارة PLL بتردد 504 كيلوهرتز وإن اختيار هذا التردد ليس عشوائياً بل هو تردد الساعة للمعطيات من أجل عنونة معلومات عن المشترك بالخدمة على الخطوط من 10 وحتى 13.

إن وجود ناخب Zenith قد سبب المتاعب لبعض القراصنة لذلك فقد صمموا كواشف تعمية باستخدام دارة متكاملة PLL. وفي أوربا صممت الكواشف لتعمل موصولة مع مسجل فيديو حيث تتوفر إشارة الفيديو الأصلية على الواجهة الخلفية للمسجل.



شكل 19-6 كاشف تعمية SSAVI غير مرخص. يستخدم دارة PLL لتوليد التزامن الأفقي المضغوط. يتم أخذ عينات من الخط 19 لتأمين قطبية صحيحة لإشارة الفيديو وذلك للجزء المعمى من الحقل، والخطوط من 27 وحتى 260 هي فقط التي تطبق عليها التعمية.

1. فاصل التزامن.
2. فاصل نبضة الحقل.
3. LLP تعمل بتردد 504 كيلو هرتز/عداد.
4. دارة منطقية.
5. عداد خط.
6. دارة منطقية –واحد منطقي على الخط 19.
7. دارة أخذ العينات للخط 19.
8. دارة إعادة توليد التزامن.
9. دارة منطقية لانتخاب قطبية الفيديو.



20

دراسة أمثلة عملية

CASE STUDIES

هناك الكثير من الأنظمة التي سوف تعرض في هذا الفصل هي من أنظمة التعمية المستخدمة في الارسال الفضائي. و من الطبيعي أن يستطيع البعض تقديم الدليل على ضرر هذه الدراسة، وهم محقون من بعض الجوانب، ولكن هذا التحليل يبين المآخذ التي استطاع البعض من خلالها الاختراق ولعل المصممون يتجنبون مثل هذه الأخطاء مستقبلاً.

إن دراسة هذه الحالات تأتي من مصادر النشر المختلفة وبشكل خاص من Hack Watch News وأيضاً من النشرات الفنية للمصنعين. وهناك البعض ومعظمهم من غير التقنيين ممن يحتج على نشر هذه المعلومات مع أن العكس هو الصحيح، إذ أنه يجب إلقاء اللوم على سوء التصميم قبل أن يكون على القراصنة.

من المهم أن يفهم الفني الذي يتعامل مع نظام كشف التعمية بطبيعة النظام، وخاصة أثناء التركيب. فمثلاً، يجب معرفة فيما إذا كان المطلوب إشارة الفيديو الأساسية أو إشارة الفيديو الممسوكة Clamped Video وذلك ضروري جداً للتركيب.

إن الهدف من هذا الكتاب ليس لتشجيع القرصنة، ولكن لدفع حرية التفكير. إن محاولة فك التعمية، عندما تكون دوافعها فكرية فهي مبررة، ولكن حين يكون هدفها الكسب المادي، فإنها تصبح قرصنة.

إن نظام الارسال التلفزيوني الملائم لكل نظام تعمية هو من ضمن المعلومات المبينة، وفي كثير من الحالات يمكن استخدام نظام التعمية مع النظامين PAL أو NTSC مع ضرورة إجراء بعض التعديلات.

إن بنية أنظمة التعمية التي تعتمد نظام MAC مختلفة عن الأنظمة السابقة من حيث أنها تعتمد على التشفير أكثر من التعمية وخصوصاً من ناحية الصوت فهو رقمي ويمكن أن يطبق عليه برنامج تشفير ذو وثوقية عالية جداً. ومع ذلك تبقى هذه الأنظمة غير محصنة تماماً.

هناك ثلاث حالات، تحقق فيها تطبيق الصوت الرقمي بشكل واسع على الأنظمة التي تعتمد PAL وNTSC وهذه الأنظمة هي Oak Orion,Video CipherII و Film Net Digital Audio وقد تم اختراق الأنظمة الثلاثة ولكن بدرجات متفاوتة وتراوح بين تنفيذ بعض الدارات إلى هندسة عكسية كاملة وتصنيع كاشف ترميز متكامل.

دراسة حالة: نظام RITC Discret 1

تقنية الفيديو: تأخير إشارة الفيديو.

تقنية الصوت: قلب الطيف.

المستثمرين: قنال Pulls الفرنسية، قنال EBU و TV-5.

نظام الارسال: PAL, SECAM.

تعمية الفيديو: يتم تأخير معلومات الفيديو في كل خط بمقدار 0.902 أو 1.84 نانو ثانية. يطبق التأخير بشكل عشوائي وبذلك يفترض أن تكون إشارة الفيديو المعماة ذات شكل مشوه بحدة.

تعمية الصوت: يقلب طيف الصوت حول حامل بتردد 12.8 كيلوهرتز. هذا التردد مشتق من عداد الساعة في كاشف التعمية النظامي.

لمحة تاريخية

إن كاشف التعمية غير النظامي والمشهور لهذا النظام هو ما نشر في مجلة Radio Plan الفرنسية عام 1984. وقد أقامت Canal Plus دعوى ضد المجلة الفرنسية منعها من توزيع إصدارها لشهر كانون الأول من عام 1984 الذي يحتوي على تفاصيل لكاشف التعمية لهذه القناة و قررت المحكمة بأنه على الرغم من أن التصميم مختلف تماماً عن نظام كشف التعمية النظامي فإنها أوقفت توزيع المجلة لأنه فيه تشجيع للسرقة. ولكن ذلك أصبح بمثابة دعاية للمجلة لم تكن لتحققه لو لا هذا الحكم.

عمل كاشف التعمية غير النظامي

تمر إشارة الفيديو عبر ثلاثة مضخمات، خطين للتأخير وموزع أقنية Multiplexer وكذلك تستخدم دارات منطقية لحفظ إشارات التزامن وإشارة اللون، ويتم تغذية إشارة الفيديو إلى دخل كاشف الفيديو. هذه الدارة تكشف الجبهة الصاعدة من مستوى الأسود عند بداية معلومات الفيديو وخرج هذه الدارة يغذي دارة منطقية تسمى كاشف التأخير. وباستخدام سلسلة من وحيدات الاستقرار Monostables التي يتم قدحها بنبضة تزامن الخط. يقاس التأخير من تحديد نقطة البداية لإشارة الفيديو. ويكون عرض نبضة وحيد الاستقرار 902 نانو ثانية. يتحكم خرج هذه الدارة بموزع الأقنية Multiplexer. فإذا كانت الإشارة بدون تأخير، فإنها تصل إلى الموزع بعد المرور بوحدتين للتأخير. وإذا كانت الإشارة بوحدة تأخيرمفردة، فإنها تصل إلى الموزع بعد المرور بوحدة تأخير واحدة أي 902 نانو ثانية. وأخيراً، إذا كانت الإشارة مؤخرة بوحدتي تأخير، فإنها تعبر مباشرة إلى موزع الأقنية، وبذلك يضمن كاشف التعمية بأن جميع الخطوط لها وحدتي **تأخير. وينجم** عن هذه العملية تشكيل خط أسود على الحافة اليسرى من كل إطار.

يتميز نظام فك التعمية كما نشر في مجلة Radio Plan بضعف في البنية من حيث اعتماده على كشف الصعود من مستوى الأسود لبدء إشارة الفيديو في كل خط. فإذا امتلأ التأخير بمستوى غير الأسود فإن كاشف التعمية غير النظامي لا يعمل، وهذا تحديداً ما نفذته حديثاً قنال Canal Plus.

معلومات أخرى

يوجد نموذج من هذا النظام يعمل مع نظام PAL تستخدمه القنال الطبية البريطانية يعرف باسم Discret 12 وهو يستخدم أزمنة أقل للتأخير.

إن هذا النظام هو نظام رقمي. يتم تحويل إشارة الفيديو إلى إشارة رقمية قبل التعمية ويُدخل التأخير باستخدام مسجلات إزاحة رقمية أيضاً.

في التصميم غير النظامي يتم تحويل الإشارة إلى إشارة رقمية بذات الطريقة التي تتبع في الكاشف النظامي. إذ يجري تقطيع الجزء الفيديوي من كل خط إلى العديد من العينات وعرض كل عينة يساوي أصغر زمن تأخير. إذا كانت الثمانية byte لا تتفق مع مستوى الأسود الناتج عن التحويل، وهو عموماً 0000 0000 فإن الفيديو يبدأ مباشرةً. وهذا يتم فحصه بواسطة بوابة NAND بثمانية مداخل.

هناك طريقتان تمكنان نظام كشف التعمية من ضبط تزامن إشارة الفيديو الرقمية، إما أن يتم تأخير الخط الحالي ليتوافق مع الخط الأكثر تأخيراً كما هو الحال في كاشف التعمية Discret1 أو يتم تأخير الفيديو حتى فترة الخط التالي ومن ثم بدء الخط وتحويله إلى تشابهي في الزمن المناسب.

اعتمدت قنال Plus هذا النظام باعتباره كثير الوثوقية وسوف يستمر استخدامه في بعض التطبيقات ولكن نظراً للضعف النسبي في حصانته فإنه لن يكون مستخدماً على نطاق واسع.

دراسة حالة: نظام Oak Orion

تقنية الفيديو: استبدال التزامن. عكس الفيديو المتتالي والعشوائي.

تقنية الصوت: صوت رقمي.

نظام الارسال: PAL، NTSC.

مستخدمون: شبكة Carcom التي تحوي 8 أقنية كندية وعدد من الشبكات الخاصة.

تعمية الفيديو: استبدال التزامن الأفقي والعمودي، عكس الحقل أو الخط المتتالي أو العشوائي.

تُزال نبضات التزامن الأفقية والعمودية الاعتيادية من إشارة الفيديو المعماة ويستعاض عنها بنبضات ذات تردد 2.5 ميغاهرتز، ويمكن عكس قطبية إشارة الفيديو أو إبقاؤها طبيعية، حيث تشير النبضة الواقعة تماماً قبل بداية الفيديو في كل خط إلى القطبية، وإن العكس يمكن أن يتم على مستوى الخط أو الحقل أو حتى الإطار.

تعمية الصوت: صوت رقمي مع إمكانية تشفير.

يحوّل الصوت إلى رقمي ويضغط. يتم إدخال العينات الرقمية للصوت بعدئذٍ إلى ما يمكن أن يكون فترة الإطفاء الأفقي.

لمحة تاريخية

إن نظام Oak-Orion للتعمية هو من أكثر الأنظمة وثوقية وذلك على عكس اعتقاد الكثيرون، وكانت SKY في أوربا هي القنال الوحيدة التي استخدمت هذا النظام. وبما إن SKY ليست محطة تلفزيونية تجارية بالمعنى الحقيقي، لذلك طبقت أدنى مستوى حماية للنظام من الاختراق، فلم تستخدم إمكانات الصوت على الرغم من وجود حامل ثانوي للصوت المفرد و آخر للصوت المزدوج الستيريو مع الإشارة.

هناك ستة أنماط للقلب مستخدمة في هذا النظام. يمكن استخدام نمط واحد من أربعة أنماط عكس لإشارة الفيديو في كل حقل. فيمكن قلب الخطوط الفردية أو الزوجية، ويمكن قلبها بأكملها أو عدم قلبها بتاتاً، وإن جملة التحكم بهذه الخيارات موجودة على الخط 22 من الارسال. ولهذا النظام براءة اختراع مسجلة في أمريكا تحوي أيضا خيارين إضافيين هما إمكانية إزاحة مستوى الجهد للعينات الرقمية في كل خط أو تغيير مستواها بواسطة إشارة جيبية وذلك لتبديل المستويات في فترة الإطفاء الأفقية.

عمل كاشف التعمية غير النظامي

يقوم كاشف التعمية بكشف نبضات التزامن 2.5 ميغاهرتز وتتولد إشارات تزامن الخط والإطار باستخدام عدداً من مذبذبات وحيدات الاستقرار.

يتألف كاشف التعمية غير النظامي من الكتل التالية: مكبر فيديوي عاكس، كاشف نبضات تزامن 2.5 ميغاهرتز، مكامل، قوادح شميت عاكسة Schmitt Trigger Inverters وحيدات استقرار لتزامن الخط ووحيدات استقرار لتزامن الإطار وهناك العديد من الدارات يمكن استخدامها لكشف نبضات 2.5 ميغاهرتز وهذه تختلف بين ديود كشف وكاشف تعديل فيديوي على شكل دارة متكاملة تعمل بتردد 2.5 ميغاهرتز. أما دارة إعادة حقن التزامن فيمكن أن تكون مفتاح CMOS أو مفتاح ترانزستوري عادي.

لكل خط، هناك خانة لعكس القطبية تسبق المعلومات الفيديوية. فإذا لم يعد ممكناً استخدام إمكانات العكس، يقوم حينئذ كاشف الترميز بمساعدة Multiplexer بالتحويل بين القطبية الموجبة والسالبة لإشارة الفيديو، وذلك قبل دارة إعادة التزامن.

إن كاشف التعمية لهذا النظام يغطيه كتاب Pink And Brown. وهذه طريقة متقدمة لكشف التعمية باستخدام مولد تزامن، ولكن هذا النظام للأسف لم يعد مستخدماً في أوربا وكان من السهل على قنال SKY أن تجد وسيلة لرفع مستوى التعمية لأن التصميم غير النظامي لم يكن على درجة عالية من التعقيد.

لا تتوفر معلومات بأن الصوت الرقمي قد تم اختراقه في أوربا، والسبب يعود أساساً لوجود حامل ثانوي للصوت لم يخضع للتعمية.

دراسة حالة: نظام IRDETO

تقنية الفيديو: استبدال التزامن. عكس إشارة الفيديو بشكل متتالي وعشوائي.

تقنية الصوت: صوت رقمي.

نظام الارسال: PAL.

مستخدمون: Tele-Piu.

تعمية الفيديو: استبدال التزامن الأفقي والشاقولي، عكس الخط أو الحقل بصورة متتالية وعشوائية. تزال نبضات التزامن الأفقية والشاقولية الاعتيادية من إشارة الفيديو ويستعاض عنها بنبضات ذات تردد 5.752 ميغاهرتز. وتكون قطبية إشارة الفيديو في كل خط طبيعية أو معكوسة ويجري عكس القطبية على مستوى الخط أو الحقل أو الإطار (انظر الشكل 20-1).

تعمية الصوت: صوت رقمي مع إمكانية للتشفير.

يتم تحويل الصوت إلى إشارة رقمية ومن ثم يتم ضغطها وإدخالها لتأخذ مكان فترات الإطفاء الأفقية. ويستخدم فقط ثمانيتين للصوت الرقمي من أصل ثلاثة مخصصة لرشقة النبضات Burst، أما الثالثة فتستخدم لمعلومات التزامن أو ربما لتحديد قطبية الخط.

لمحة تاريخية

إن نظام Orion هو أساس نظام IRDETO والفرق بينهما هو غياب النبضات ذات التردد 2.5 ميغاهرتز في النظام IRDETO، وهذا يعني بأن كاشف التعمية Orion لن يعمل على هذا النظام دون تعديل.

إن المستخدمين الهامين لنظام IRDETO هما قنال M-NET في جنوب أفريقيا التي يزيد عدد المشتركين فيها عن 600.000 والقنال Telupiu الإيطالية والتي تتوقع أن يصل عدد مشتركيها إلى 4 مليون مشترك.

إن حدوث ظاهرة عكس الفيديو يمكن أن تعتمد على كمية الأبيض والأسود في المشهد، ويعرف هذا النوع من عكس القطبية بما يسمى بتوسط مستوى القمة APL وتلفظ "APPLE" وتحدث عملية عكس القطبية هذه كل ثلاث ثوان.

تم إدخال APL في بداية عام 1990. وكان تأثيره واضحاً على القراصنة، فقد تسبب في تأخير تسليم أنظمة فك التعمية غيرالنظامية لقنال RTL-4V النروجية التي تستخدم نظاماً معدلاً يعرف باسم Luxcept وذلك لبضعة أشهر على الأقل.

طريقة عمل فاك التعمية الغير نظامي

إن أبسط فاك تعمية غير نظامي يكشف نبضات التزامن 4 ميغاهرتز ويستخدم عدداً من المذبذبات وحيدة الاستقرار لإعادة توليد تزامن الخط و وتزامن الإطار، وهناك أشكالاً أخرى تكشف نبضات اللون في كل خط وتعد النبضات اللازمة منها لقدح نبضات الحقل.

إن فاك تعمية متوسط الجودة يتألف من الكتل التالية: مكبر إشارة مرئية، كاشف نبضات تزامن 5.752 ميغاهرتز، عواكس من نوع Schmitt Trigger، وحيدات استقرار لتزامن الخط، مكامل، وحيدات استقرار لتزامن الإطار و دارة إعادة إدخال التزامن (انظر الشكل 2.20). هناك العديد من الدارات يمكن استخدامها لكشف نبضات التزامن 5.752 ميغاهرتز، وتتفاوت هذه الدارات في نسبة تعقيدها، فبعضها عبارة عن ديود كشف وأخرى تتكون من دارة متكاملة لكشف تعديل الفيديو وتعمل عند تردد 5.752 ميغاهرتز. وكذلك دارة إعادة إدخال التزامن، فهي يمكن أن تكون مفتاح CMOS أو دارة تعتمد الترانزستورات.

IV0
PAL 625
0V7
Colour Burst
Digital Audio-PCM

شكل 20-1 شكل الموجة لنظام تعمية IRDETO. يشبه عمل هذا النظام Oak Orion والاختلاف الأساسي بينهما هو غياب نبضات التزامن 2.5 ميغاهرتز.

Video In
Video Out
A B C D E F G H I J

شكل 20-2 طريقة الترميز إشارة النظام IRDETO. وتتألف من الكتل:
A: كاشف معطيات 4 ميغاهرتز.
B: مكبر تفاضلي لإشارة مرئية.
C: مفتاح لإشارة مرئية طبيعية.
D: مفتاح لإشارة مرئية بقطبية معكوسة.
E: دارة إدخال تزامن.
F: كاشف قطبية.
G: فاصل خط.
H: وحيد استقرار للخط.
I: فاصل إطار.

إذا كانت إمكانات عكس القطبية قد استنفذت، عندها يتعين على كاشف الترميز الغير نظامي أخذ عينات لمستوى الأبيض/أسود في إشارات اختبار الفترة الشاقولية، وتشير حالة الخط إلى قطبية الحقل. يستفاد من عينات القطبية بعدئذ للتحكم بدارة Multiplexer التي تتنقل بين القطبية الموجبة والسالبة للإشارة المرئية قبل دارة إدخال التزامن. و هذا يمكن تحقيقه باستخدام ثمانية من المعلومات الرقمية للتحكم بتحويل قطبية الخط. وذلك على الرغم من أن النموذج RTL-4Veronique قد لا يحقق هذه الميزة الإضافية.

دراسة حالة: نظام Sound In Sync EBU

تقنية الفيديو: Sound In Sync.

تقنية الصوت: صوت رقمي.

نظام الارسال: PAL.

مستخدمون: الاتحاد الأوربي للارسال EBU.

تعمية الفيديو: إن إشارة الفيديو لا يتم تعميتها فعلياً في هذا النظام، ولكن يحصل تشويه للصورة التلفزيونية ذلك لأن الصوت الرقمي يدخل في فترة الإطفاء الأفقي وينتج عدم استقرار للخطوط.

تعمية الصوت: الصوت في هذا النظام يكون رقمياً ومشفراً، وفي بعض الحالات لا يتم تشفيره ولكن يتطلب وجود كاشف تعديل رقمي.

لمحة تاريخية

جرى تصميم نظام EBU بحيث يحقق أفضل مردود لاستطاعة الارسال للقمر الفضائي.ففي الارسال الطبيعي، تكون إشارة الصوت محمولة على حامل ثانوي في المجال الترددي من 5 إلى 8 ميغاهرتز. وهذا يستهلك بعض الاستطاعة، ويقتصد نظام EBU بجعل الصوت ضمن إشارة الفيديو وينتج عن ذلك بأن يكون الارسال هو موجة فيديو فقط وبالتالي تحسين نسبة الحامل إلى الضجيج C/N.

طريقة عمل كاشف التعمية غير النظامي

كاشف التعمية لهذا النظام غير مطلوب بكثرة، فمعظم العاملون في حقل تشفير الصوت لا يرغبون ببذل جهود دون أن يكون هناك أمل بتسويق المنتج. بالنسبة لإشارة الفيديو، فإن كشفها يقتصر على استبدال نبضات التزامن الأفقية في الإشارة المعماة بأخرى صحيحة.

دراسة حالة: Standard Electric Lorentz PCM2

تقنية الفيديو: تقصير زمن نبضة التزامن.

تقنية الصوت: صوت رقمي.

نظام الإرسال: PAL.

مستخدمون: SAT-1.

تعمية الفيديو: إن إشارة الفيديو لا يتم تعميتها بشكل فعلي في نظام SEL، بل يقتصر الأمر على جعل نبضة التزامن بعرض 1 ميكرو ثانية بدلاً من 4.7 ميكرو ثانية. وهذا يسبب فقدان دارة التزامن في التلفزيون قدرة القفل على الخط. ولا تمس نبضة تزامن الإطار وبالتالي يمكن للصورة القفل شاقولياً ولكنها لن تكون متزامنة أفقياً.

تعمية الصوت: تتوضع حزمة صوتية واحدة فقط بعد نبضة التزامن القصيرة مباشرة، أما باقي الحزم الصوتية فتتوضع بعد نبضات اللون.

لمحة تاريخية

يختلف نظام SEL PCM2 عن النظام EBU بفارقين، الأول هو توضع حزم الصوت الرقمي في فترات إطفاء الخط في نقطتين قبل وبعد نبضات اللون، و غالباً ما تحذف الحزمة الثانية، أما الفرق الثاني فيكون بتقصير نبضة تزامن الخط لتكون 1 ميكرو ثانية تقريباً.

طريقة عمل كاشف التعمية غير النظامي

من السهل فك التعمية عن جزء الفيديو في نظام SEL-PCM2، وهو أقل تعقيداً من نظام EBU SIS.

تستخدم النبضة القصيرة في كاشف التعمية غير النظامي لقدح نبضة التزامن الأفقي ذات العرض الطبيعي، وهذه الأخيرة يتم إدخالها عوضاً عن النبضة القصيرة.

يمكن استخدام فاصل تزامن معياري، حيث تغذي نبضات التزامن المزالة هزاز وحيد الاستقرار لتشكيل نبضة بعرض 4.7 ميكرو ثانية. كذلك تستخدم نبضة التزامن القصيرة 1 ميكرو ثانية لقدح مجموعة من وحيدات الاستقرار لتمرير الصوت الرقمي لكاشف التعديل. ويكون مستوى الصوت الرقمي بين مستوى الأسود والأبيض،

وهذا يتطلب أن تكون الإشارة محددة قبل فك التعمية، فإذا كانت دارة التحديد سيئة التصميم، ربما أدى ذلك إلى التأثير سلباً على النبضة القصيرة.

معلومات أخرى

لا يستخدم نظام SEL PCM2 في أنظمة الارسال والاستقبال الفضائية في أوربا، وحسب المعلومات المتوفرة لم يتم كسر الصوت حتى الآن.

دراسة حالة: نظام Film NET

تقنية الصوت: حزيران 1991.

تقنية الفيديو: إزاحة التزامن، قلب قطبية الفيديو.

المستخدمون: Film NET.

نظام الارسال: PAL, NTSC.

تعمية الفيديو: إزاحة التزامن. عكس قطبية الخط أو الحقل أو الإطار (بشكل تسلسلي أو عشوائي).

تعمية الصوت: NICAM مع تشفير.

لمحة تاريخية

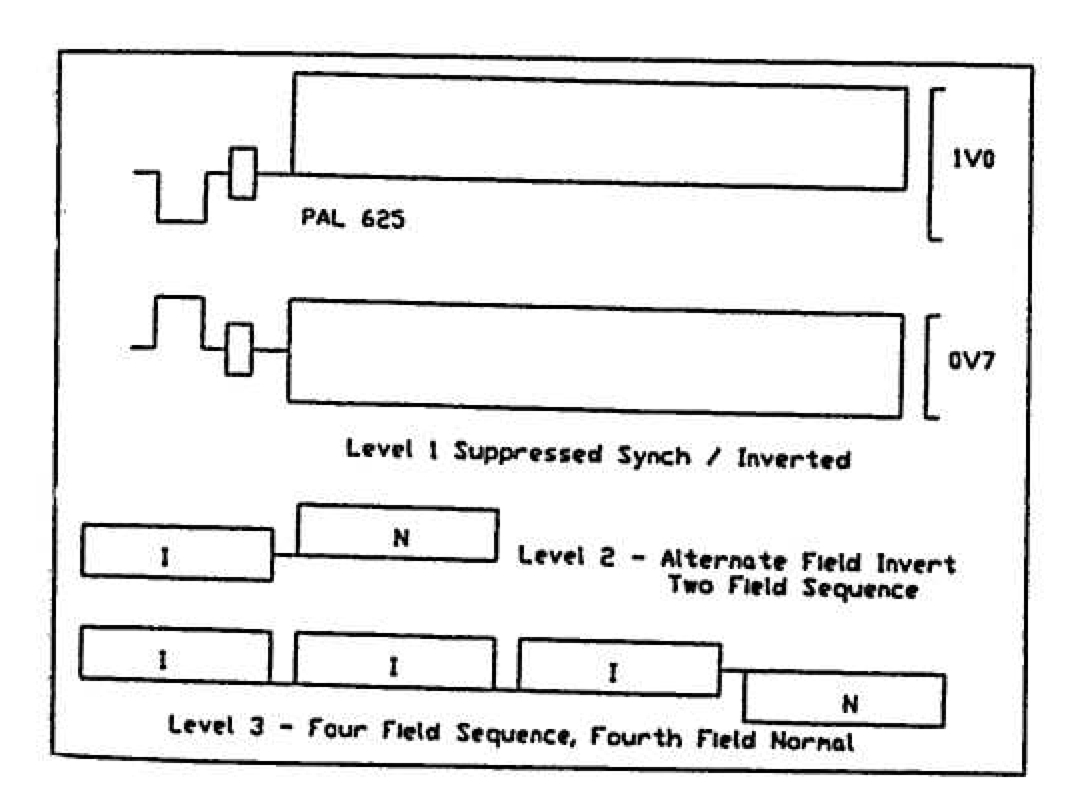
بدء باستخدام نظام Film Net/SATPAC/Matsushita في 1 أيلول 1986، وقد تم اختراقه خلال ساعات من ظهوره. إن نظام Film Net كان قد حظي باهتمام القراصنة في أوربا، و ذلك يعود للانتشار الواسع لهذه القنال، وهي من بين الأقنية التي تميزت بعرض الأفلام الناطقة بالانكليزية الأمريكية (Amglish) وبترجمة على الشاشة إلى لغات أوربية متعددة بحيث يستطيع المشاهد أن يختار اللغة المناسبة. ورافق السعر المتدني لكاشف التعمية الذي ساعد على زيادة الطلب على هذا الكاشف.

لقد كانت قنال Film Net تملك حق نشر الأفلام في عدد محدود من البلدان الأوربية، لذلك لم تستطع توزيع أجهزة فك تعمية نظامية خارج هذه البلدان، مما سهل مهمة صانعي الأجهزة غير النظامية لتوزيع منتجاتهم على المشاهدين الراغبين باقتناء هذه الأجهزة. وهناك عامل آخر لشعبية قنال Film Net في بريطانيا، هو بث أفلام منافية للآداب في أيام السبت والأربعاء من كل أسبوع.

إن نظام Film Net هو من أقدم أنظمة التعمية لأنه طوّر في بداية الثمانينات ويعكس التقنيات المتوفرة في ذلك الحين. لقد كان يحقق التعمية من خلال التداخل بين قطبية إشارة الفيديو ومستوى فترات الإطفاء الأفقية، ولم يكن مسموحاً لنقل الإشارة عبر شبكات توزيع الارسال في بعض البلدان الأوربية التي تملك شبكات ذات تقنيات متطورة.

مع ذلك، فإن نظام Film Net للترجمة هو من أرقى الأنظمة في أوربا. إذ يمكن للمشاهد باستخدام إمكانات النص المرئي المتوفرة في النظام اختيار اللغة الأوربية التي يرغب قراءتها. وهذه تشبه، ولكن أفضل بكثير، الإمكانات المتاحة في الولايات المتحدة.

استخدم النظام الأول من 1 أيلول 1986 وحتى 23 آذار 1987 وكان من السهل اختراقه مما خلق سوقاً واسعة للأجهزة غير المرخصة. وبعد ذلك تحققت قفزة في المستوى حين تم عكس قطبية الفيديو وكان لهذه الخطوة تأثيراً مدمراً على سوق القرصنة، خاصة وإن هذا التعديل قد تم قبل بضعة أيام من افتتاح أحد المعارض الهامة وأصبحت الأجهزة غير صالحة للاستخدام.



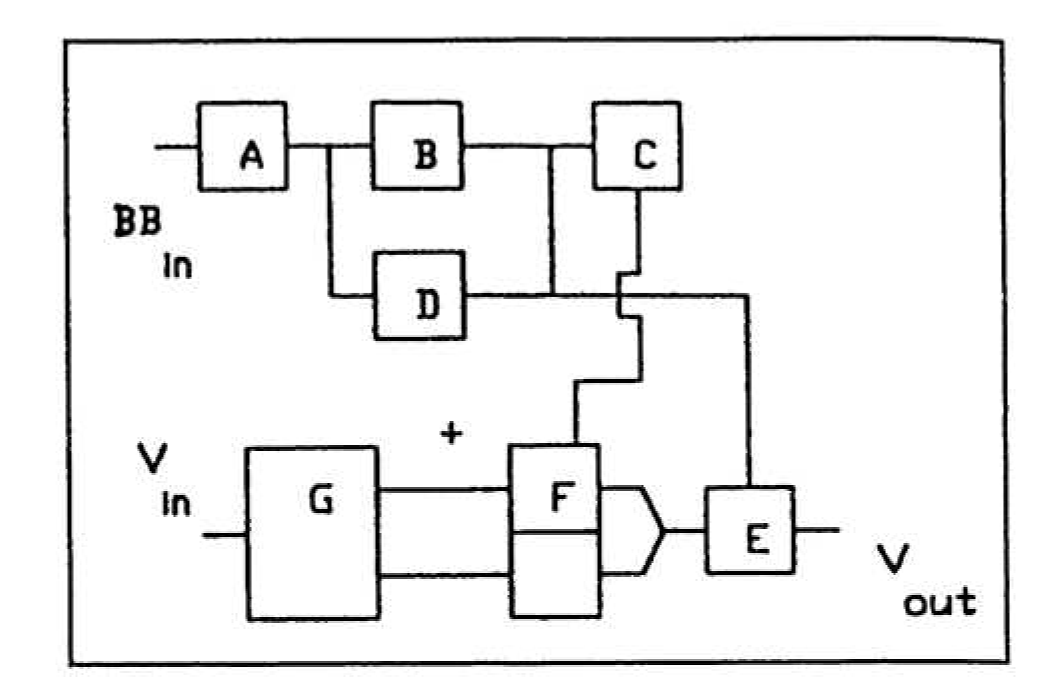
شكل 20-3 شكل الإشارات الموجبة في نظام Film Net / Matsushita.

جرى تطوير نظام Film Net ثانيةً خلال أعياد الميلاد من نهاية عام 1989 وذلك بعكس قطبية أربع حقول متتالية ولكن لم يكن لهذا التعديل الأثر السابق، حيث استغل الهواة عطلة رأس السنة لتعديل أجهزتهم و لم يدم التأثير أكثر من أسبوعين لتصبح الأجهزة غير النظامية تعمل بشكل جيد.

مع نهاية كانون الثاني 1990، عادت Film Net للنظام السابق بعكس قطبية حقلين متتالين مما خلق بلبلة لدى مصنعي أنظمة كشف التعمية غير النظامية والذين كانوا قد أجروا تعديلاً على أنظمتهم لأربعة حقول متوالية. وقد وصل بعضهم حالة الإفلاس.

طريقة عمل كاشف التعمية غير النظامي

استخدمت تصاميم متعددة لكشف التعمية لإشارة Film Net وأكثر الطرق شيوعاً هي (1) إعادة تشكيل التزامن باستخدام قدح وحيدات الاستقرار. (2) إعادة تشكيل التزامن باستخدام دارة حلقة القفل الطوري PLL. (3) توليد التزامن من جديد. وسوف يتم مناقشة تصميم قدح وحيدات الاستقرار (انظر الشكل 4-20).



شكل 4-20 مخطط صندوقي لكاشف تعمية لنظام Film Net/Matsushita.

a- كاشف تعديل 7.56 ميغاهرتز. c- ثنائي استقرار Flip Flop.
b-مكامل (إطار). d- قافل خط Line Locker.

كان التصميم الأول لنظام Film Net يقوم على عكس قطبية الخط وحذف فترة الإطفاء الأفقي. يتم ارسال إشارة التزامن المركبة في نظام Film Net على حامل 7.56 ميغاهرتز، ويكشف هذا الحامل بكاشف تعديل عادي. وتتفرع إشارة التزامن المركبة بعدئذ إلى تزامن إطار (باستخدام مكامل) وتزامن خط و يقوم وحيدي الاستقرار للخطين الأولين بتوفيق الطور لتزامن الخط مع تزامن إشارة الفيديو المعماة.

تستخدم بوابة ضجيج Noise Gate بعد ذلك لكشف فترة التزامن الأفقي في إشارة الفيديو المعماة حيث يصل خرج هذه البوابة إلى دارة AND مع نبضة تزامن الخط المتزامنة معها طورياً وينتج عن ذلك نبضة تزامن صحيحة لقدح الخط.

تغذي نبضة القدح مذبذبين وحيدي استقرار، يقوم الأول منهما بتأخير النبضة بمقدار 52 ميكرو ثانية. وتستخدم النبضة بعد تأخيرها لقدح وحيد الاستقرار الثاني الذي يولد نبضة بعرض يساوي تقريبا فترة الإطفاء الأفقي. هذه النبضة تفيد في إزاحة فترة الإطفاء إلى الخلف حتى مستوى الإشارة غير المعماة.

المرحلة 1-23 آذار 1987.

جرى عكس قطبية الإشارة المرئية لكل حقل بشكل متناوب. وقد استخدم قراصنة فك التعمية تصميما يحوي Multiplexer للتبديل بين مخرج المكبر التفاضلي للإشارة المرئية الطبيعية ومعكوسة القطبية، وكذلك تتفرع نبضة الإطار إلى جزأين اعتمادا على قلاب Flip-Flop وهذا يعني بأن خرج القلاب يغير القطبية كلما تغير الحقل. ولكن لا يقوم القلاب بتبديل قطبية إشارة الفيديو من الوضع الطبيعي إلى الوضع المعكوس عند نهاية الحقل تماماً. لذلك يجب تأخير نبضة الإطار قليلاً بمساعدة وحيد استقرار قبل وصولها لقدح القلاب.

المرحلة 2-24 كانون الأول 1989.

لم يكن التطوير في هذه المرحلة يرقى إلى المستوى الذي يصعب التغلب عليه، إذ كان مبنياً على تتابع أربعة حقول، ثلاثة منها معكوسة القطبية، والرابع بحالة طبيعية. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام قلابات وبوابة AND. يعمل القلاب الأول على تقسيم تردد الحقل على اثنين ليعطي موجة مربعة ذات تردد 25 هرتز. ويقوم القلاب الثاني بقسمة التردد للحصول على موجة مربعة أيضا وبتردد 12.5 هرتز، وبإدخال الموجتين إلى بوابة AND نحصل على إشارة بمستوى واحد منطقي مع وصول الحقل الرابع. ويمكن أن نحصل على النتيجة ذاتها باستخدام بوابة NAND.

المرحلة 3-11 أيار 1990

أدخلت قنال Film Net نبضات إشارة بتردد عال و ذات مطال منخفض إلى نهاية نبضة التزامن الأفقي، بحيث يكون التردد قريباً من حامل إشارة اللون. وكان لذلك تأثيران، إذ أصبح كاشف التعمية غير المرخص يقفل مرتين على نبضات اللون لأن كاشف الترميز يلتقطها ويؤثر أيضاً على كواشف التعمية التي تعتمد على تحديد قطبية الفيديو من خلال مقارنة أعلى مستوى لنبضات التزامن مع مستوى الإطفاء الأفقي. وقد كان لهذا التطوير تأثيراً واسعاً للحد من القرصنة.

المرحلة 4- كانون أول 1990

بدأت قنال Film Net في هذه الفترة بتغيير مطال نبضات التزامن الأفقي وذلك بتعديلها مطالياً بموجة ذات تردد منخفض جداً، 1 هرتز، وكانت الفكرة ذكية، إذ أضيف إلى دارة المقارن في معظم كواشف التعمية مكثف ذو قيمة صغيرة جداً (100PF). وذلك لترشيح نبضات اللون من أعلى نبضة التزامن، ولكن بعد الترشيح يبقى التردد المنخفض الذي يشكل تغيراً في

المستوى، مما يؤدي إلى بلبلة في عمل المقارن الذي يفسر بعض الإشارات على أنها معكوسة القطبية مع أنها طبيعية.

المرحلة 5- كانون الأول 1991

كان نظام Film Net في المرحلة الأولى يقوم بإلغاء التزامن دون عكس لقطبية الفيديو. وبما أن هناك الكثير من كواشف التعمية تعتمد على نبضات تزامن معكوسة للقدح، لذلك فإن غياب هذه النبضات، يفقد كاشف التعمية القدرة على استخلاص الإشارة.إن كواشف التعمية التي تتأثر بهذه العملية يكون من السهل إعادة تشغيلها بصورة طبيعية.

المرحلة 6- آذار 1991

في هذه المرحلة، تم وضع سلسلة من نبضات اللون على نبضات التزامن، هذا الامتداد لنبضات اللون يولد تشويشاً لدارة عد النبضات في كواشف التعمية التي تقفل على نبضات اللون ونتيجة لذلك لا يتمكن كاشف التعمية من معرفة موضع إدخال التزامن الشاقولي. وتكون الصورة على الشاشة بحالة دوران رأسي مستمر.

مرحلة الصوت الرقمي - حزيران 1991

حين أدخلت قنال Film Net تقنية الصوت الرقمي، اضطر العديد من المصنعين القراصنة للعمل بالهندسة العكسية لكاشف الترميز الرقمي للصوت، وكان هناك فشل ونجاح مما خلق حالة عدم استقرار في تحديد زمن تسليم المنتج وتسعيره. وكانت المهمة شاقة إذ أن الهندسة العكسية الكاملة لكاشف الترميز تتطلب دارات متكاملة مصنعة حسب الطلب. لقد استعانت قنال Film Net باستشارة خارجية لتطوير وتصميم النظام، وكان ذلك إيجابياً على الرغم من أن كلفة التطوير وإنتاج دارة متكاملة تستخدم نظام ارسال غير قياسي قد قدرت بثمانية مليون جنيه استرليني.

لقد أنفقت شركة Hi Tech Xtravision ما يزيد عن ربع مليون جنيه واحتاجت إلى تسعة أشهر للحصول على الدارة المتكاملة الخاصة بالزبون، وبلغت كلفة العملية كاملة حوالي مليون جنيه.

في معرض Cable & Satellite لعام 1992 عرضت شركة Hi Tech نموذجاً لكاشف ترميز للصوت الرقمي خاص بنظام Film Net. لقد انتاب المشاهدون الدهشة لسماع صوتاً نقياً ولم يكاد يصدق المسؤولون في Film Net بأن كاشف الترميز غير النظامي يعمل بطريقة أفضل من الجهاز الأصل المرخص به.

في أيلول عام 1992، اتخذت Film Net قراراً بوقف التعمية على الإرسال بنظام PAL عبر التابع الصنعي ASTRA، وانتقلت إلى نظام D2-MAC EuroCrypt.

دراسة حالة: Telease SAVE

تقنية الفيديو: تداخل الموجة الجيبية. عكس قطبية الفيديو وتخفيض المطال.

تقنية الصوت: عكس الطيف.

مستخدمون: BBC (الآن D2-MAC)، Priemere، Fantasy الأمريكية.

نظام الارسال: PAL, NTSC.

تعمية الفيديو:

يخفض مطال إشارة الفيديو بمقدار 3dB (6dB في أوربا) وتعكس قطبيتها وتمزج مع موجة جيبية للتداخل. تردد الموجة الجيبية هو 93.75 ميغاهرتز. ويساوي تقريباً ست أضعاف تردد المسح الأفقي (6×15625 = 93750 هرتز).

الصوت: يستخلص الحامل من تردد الموجة الجيبية المتداخلة، حيث يقسم تردد الموجة الجيبية على ستة لتوليد الحامل.

لمحة تاريخية

تم تطوير النظام من قبل Telease في كاليفورنيا، وجرى تصنيعه وتسويقه في أوربا من قبل Sat-Tel البريطانية، وهو نظام ضعيف الحماية.

يقوم النظام بتخفيض مطال إشارة الفيديو وعكس قطبيتها ومن ثم إضافة موجة جيبية بتردد يساوي التوافقية السادسة لتردد الخطوط. وهذا يؤمن تردد خفقان beat frequency على إشارة الفيديو لدى محاولة ترشيح الإشارة الجيبية وإلغاءها. ويعود السبب لهذا التأثير إلى إزالة التوافقية السادسة أيضاً لتردد الخط أثناء الترشيح.

يختلف مستوى تخفيض إشارة الفيديو، ففي أمريكا يكون التخفيض بمقدار 3dB وهو 6dB في الأنظمة الأوربية. ويعود هذا الاختلاف أساساً إلى عرض حزمة المرسل والمستقبل للقنال الواحدة وهو 36 و30 ميغاهرتز على الترتيب.

على الرغم من توقف استخدام هذا النظام نسبياً في أمريكا الشمالية، فإنه لا يزال يعمل به في أوربا. وقنال Priemere لا زالت تعتمده، أما BBC المنقولة عبر Intelsat VA-F11 بزاوية 27.5° غرباً فتعتمد شكلاً أكثر تطوراً حيث هناك تشكيلة من الترددات التي يمكن اختيارها عشوائياً. وهذا النظام ضعيف الحماية لأن هناك عدداً محدوداً من الترددات يمكن استخدامه.

طريقة عمل كاشف التعمية النظامي

يستخدم كاشف التعمية مذبذب كريستالي متحكم به عن طريق الجهد VCO يعمل بتردد يساوي (64 مرة تردد الموجة الجيبية). وهو أساساً عبارة عن دارة حلقة قفل طوري. إن استخدام المذبذب VCO يرفع من كلفة كاشف التعمية، وهناك تصميم أوربي يعتبر الأفضل من نوعه، يعتمد على طنان سيراميكي بتردد 6 ميغاهرتز.

هناك إمكانية تعمية الصوت في نظام Telease/SAVE، وقد استخدمت هذه الإمكانية في أمريكا وليس في أوربا نظراً لانتشار الحامل الثانوي لأقنية الصوت المتعددة Stereo. يتم تدوير طيف الصوت حول حامل بتردد 15 كيلو هرتز بحيث تصبح الترددات الأعلى هي الأخفض والعكس بالعكس. ويكون تردد الحامل المستخدم للتدوير عموماً يساوي سدس تردد الموجة الجيبية المتداخلة.

إن شكل النظام الذي اعتمدته BBC يمكّن من انتخاب تردد من مجموعة ترددات لموجة التداخل الجيبية ويحدث التحويل عموماً في الوقت الذي لا يوجد فيه حامل فيديو في إشارة الارسال، وتتطلب معظم أنظمة كشف التعمية غير النظامية المعدة لكشف الإشارة الأساسية تعديلاً بإضافة كريستالاً ومفتاحاً، ولكن الأجهزة الأرخص تكلفة تعتمد على استخدام طنان سيراميكي. وجد هذا النظام إقبالاً مؤقتاً حين استخدمته القنال الهولندية Red Hot التي تبث برامجاً منافية للآداب، وقد ارتكبت الشركة خطأً جسيماً حين اختارت التردد 96 كيلوهرتز للموجة المتداخلة والذي يتولد عن كريستال 6.144 ميغاهرتز، مما جعل في متناول أي كان بناء كاشف تعمية لهذه القنال. في الحقيقة، كانت قنال Red Hot قد استخدمت هذا النظام بصورة مؤقتة (من 1992 وحتى 1993) وذلك قبل الانتقال إلى نظام أكثر حماية وذلك باستخدام كاشف الترميز Video Crypt الذي نال الشهرة منذ ذلك الحين.

دراسة حالة: Teleclub PayviewIII

تقنية الفيديو: تبديل في التزامن، تأخير عشوائي للخط، عكس قطبية الفيديو.

تقنية الصوت: رقمي.

المستخدمين: Teleclub, Canal 10.

نظام الارسال: PAL.

تعمية الفيديو: يتم رفع مستوى فترة الإطفاء الأفقي إلى أعلى من مستوى القمة للأبيض، وبذلك يحصل التباس بين عمل دارات التحديد والتحكم الآلي بالربح. وعندما يتم إظهار الفيديو على الشاشة، تبدو الصورة مظلمة وتكون نبضة التزامن الأفقي مزاحة زمنياً، وهذا يسبب تأخيراً عشوائياً للخط المعمى، والذي يمكن عكس قطبيته بصورة متتالية أو غير منتظمة.

تعمية الصوت: رقمي (ليس عبر القمر الفضائي).

لمحة تاريخية

تم تجريب هذا النظام عبر الارسال الفضائي من قبل محطة اسبانية هي القنال 10، و لم تعتمده بعد ذلك.

Teleclub اختبرت النظام بعد ذلك في عام 1988 واعتمدته عام 1989 في شكله الأصلي. حيث تعكس قطبية الخطوط بالتبادل دون تأخير زمني عشوائي. وقد اخترق هذا النظام وتوفرت أجهزة غير نظامية لفك التعمية. ولكن مع استخدام عكس قطبية الخطوط بطريقة عشوائية، فإن كثيراً من أجهزة فك التعمية تصبح عديمة الفائدة، إذ أن رفع مستوى الإطفاء الأفقي يسبب إشكالاً في بعض مستقبلات الأقمار الفضائية وخاصة تلك التي لا تملك عرض حزمة مناسب. إن Teleclub تستخدم مجيباً Transponder ذو عرض حزمة 36 ميغاهرتز، والبعض حاول استقبال الإشارة باستخدام مستقبل ASTRA ذو حزمة بعرض 26 ميغاهرتز وكانت النتيجة حدوث مشاكل في نبضات اللون التي بدت مضغوطة أو مخمدة.

دراسة حالة: Video Crypt

تقنية الفيديو: قطع خط الفيديو وتدويره.

تقنية الصوت: لم يستخدم حتى الآن.

مستخدمون: SKY Movies (منذ شباط 1990).

نظام الارسال: PAL.

تعمية الفيديو:

يقوم نظام Video Crypt بتعمية إشارة الفيديو فقط. فكل خط فيديوي يتم قطعه في واحدة من 256 نقطة محتملة، وتدوَّر الإشارة حول هذه النقطة. وعلى الرغم من وجود 625 خطاً في نظام PAL غير أن هناك 585 خطاً فقط معدة لنقل معلومات الفيديو، والباقي مخصص لمعلومات أخرى مثل إشارات الاختبار والنص المرئي. لذلك يجب تعمية 585 خطاً فقط.

يمكن تعريف نقطة القطع على كل خط بكلمة مؤلفة من ثمانية خانات، أي بثمانية (Byte). وتشتق نقاط القطع العشوائية من مولد أرقام متتالية عشوائية وغير متكررة خلال زمن كافٍ. يتم تحديد نقطة البدء لكل متتالية بإرسال Seed عبر الهواء والتي يمكن تغيرها مع كل إطار أو حقل أو حتى مع كل عدد قليل من الخطوط.

تعمية الصوت: لم يستخدم حتى الآن.

لمحة تاريخية

يعتبر نظام Video Crypt من أكثر أنظمة التعمية مناعة ولكنه لا يتمتع بحصانة مطلقة لأنه لم يوجد مثل هذا النظام. مع ذلك، فإن طرق التشفير المتبعة لحماية المفاتيح ونقل المعطيات عبر الهواء هي على درجة عالية من التقدم. وتعتمد المعالجة على خوارزمية (RSA) و RSA هي الحروف الأولى من أسماء واضعيها. تستخدم هذه الخوارزمية مضاريب مجموعتين من الأعداد الأولية لتشفير المعطيات. وتأتي قوتها في الواقع، من صعوبة إيجاد عامل الضرب وبالتالي تحديد الأعداد الأولية.

يتم التحكم بكاشف تعمية النظام Video Crypt من خلال بطاقة SMART والتي تصل بريدياً إلى كل مشترك مع مرور ثلاثة أشهر بشكل دوري. وتختلف بطاقة SMART عن بطاقات Automatic Teller Machine (ATM) من حيث أنها تحتوي الدارة الخاصة بها. تختزن بطاقة ATM المعطيات على سطح شريط مغناطيسي في حين تحتوي بطاقة SMART على مفاتيح لفك الشيفرة لمعطيات منقولة عبر الهواء.

كل كاشف تعمية لا يحتوي على رقم خاص أو رمز مدمج معه، ولكن البطاقة الأولى تحتوي على برنامج يعطي خصوصية لكاشف التعمية بحيث تحافظ البطاقات اللاحقة على هذه الذاتية المرمزة ضمن ذاكرتها لتأمين عدم تشغيل البطاقات المسروقة على أجهزة فك تعمية أخرى. هذا الرمز الذاتي يمكن أيضاً وضعه على شريط مغناطيسي أسوة ببطاقات ATM.

طورت الشركة الفرنسية Thomson نظام Video Crypt وهو نظام عصري للتعمية ويستخدم تقنية التلفزيون الرقمي وكان لذلك مزايا هامة. وإن أغلب أنظمة التعمية غير الرقمية المطروحة في السوق لها تأثير على نبضات التزامن لإشارة الفيديو وبالتالي لا يمكن تسجيلها على قارئ فيديوي في حالتها المعماة، وليس هناك ما يؤكد إمكانية تسجيل ذلك باستخدام نظام Video Crypt.

المنتقدون لنظام Video Crypt، أطلقوا عليه تسمية "نصف التقني" ذلك أن نظام التعمية المنافس له D-MAC يستخدم قطعين للإشارة وليس قطعاً واحداً. ويتم ذلك بقطع إشارة اللونية Chrominance وإشارة النصوع Luminance وهكذا يكون D-MAC أكثر حصانة وبضعف مناعة نظام Video Crypt.

الاختراقات The Hacks

تتالت الاختراقات لكسر مناعة النظام. والعديد منها تمت معالجتها سريعاً ولكن الاختراق الأخير Ho Lee Fook كان الأخطر، فبينما استطاعت SKY إنقاذ الوضع بإجراءات مضادة ادعى القراصنة إنهم اخترقوا النظام بزمن قياسي. لقد وجد أحدهم طريقة لوقف SKY من إلغاء البطاقات وتعتمد الطريقة على مقاطعة وإعادة توجيه البرنامج. ويتحقق ذلك من خلال إيجاد دارة بين البطاقة والقارئ.

إن مبدأ الاختراق يقوم على محاولة التشويش على كاشف الترميز بأن البطاقة المدخلة إليه ذات رقم ذاتي مختلف.

كان من السهل على شركة SKY تعداد هذه المحاولات وكانت هذه الشركة تقوم بمنع وصول المعطيات والتعليمات إلى البطاقة المشتبه بها.

تمديد زمن صلاحية البطاقة Infinite Lives Hack

هناك ثغرة هامة في بطاقة SMART لنظام Video Crypt إذ أنها تحتاج إلى جهد يزيد على 17 فولت لإعادة الكتابة على الذاكرة EPROM الموجودة على البطاقة. وبدأ التفكير بطريقة

تسمح بتعديل كاشف الترميز بحيث يمكن جعل البطاقة تفقد رقمها الذاتي وتصبح صالحة للاستعمال دوماً. كانت العملية تقتصر على نزع عدد من الخطوط وإجراء اللحام لعدد آخر وتثبيت ديود زينر مع مقاومة.

إن أساس الفكرة هو ما يحصل في ألعاب الحاسوب، حين يتم إدخال بعض المعطيات على العنوان قبل إقلاع اللعبة، ويمكن أن تتكرر اللعبة لعدد غير نهائي من المرات.

تعتمد فكرة الاختراق على تحديد الجهد الواصل إلى مبرمجة البطاقة، بما أن الجهد يجب أن يكون بحدود 21 فولت للكتابة على البطاقة، وبما أنه لا يمكن قطع الجهد نهائياً، لأن البطاقة لا تعمل في هذه الحالة، لذلك تم تحديد الجهد عند 15 فولت. هذا الجهد يسمح بعمل البطاقة ولا يسمح بالكتابة عليها. وتحديد الجهد يفسر الحاجة لثنائي زينر.

إن الاختراق الذي حصل يؤكد وجود خطأ في التصميم إذ أن هناك إمكانية لفحص الجهد على بطاقة SMART، وكان ممكناً التأكد من أن الجهد هو ضمن الحدود اللازمة لعملية الكتابة. ولو تم هذا الاختبار لتحقق منع البطاقة عن العمل، ولكن من الواضح أن هذه الميزة لم تستخدم. و هكذا لم يمكن الكتابة على ذاكرة البطاقة وبالتالي فإن SKY لم تستطع أن توقف العمل بها.

هذه الحالة دفعت SKY لأن تعالجها بإصدار بطاقة جديدة هي النموذج 06 وقدرت النفقات لاستبدال البطاقات بما يزيد عن 7 مليون جنيه استرليني. لقد أثبتت بطاقة SMART فاعليتها، وعلى الرغم من إمكانية تقليدها بهندسة عكسية، غير أن ذلك لا يتم إلا بكلفة عالية وجهد كبير مما أعطى للنظام قدرة على الاستمرار.

إن ما يثير الدهشة، هو أن SKY لم تستفد من الفرصة المتاحة لتقدير الاختراقات التي تمت على البطاقات، ولو أنهم أضافوا برنامجاً خاصاً إلى الإصدار 06 لاختبار جهد الكتابة للذاكرة EPROM، لكان ممكناً وقف تشغيل البطاقات في كاشف الترميز المعدّل. وكان المستخدم سيضطر للاتصال مع SKY لإعادة تشغيل بطاقته بعد أن يقرأ على الشاشة "اتصل مع SKY من فضلك" وبهذا يمكن لقنال SKY تكوين قاعدة معطيات عن كواشف الترميز غير النظامية.

هناك من يزعم بأنه يمكن إجراء تعديل آخر لتجنب وقف عمل البطاقة وذلك بواسطة مكثف يعمل على حرف المعطيات.

إن معالج Crypto مزود بتعليمات لقراءة بعض العناوين في ذاكرة البطاقة وتخزين النتيجة التي تمثل (A). ثم تكتب المعطيات الجديدة (B) على العنوان. والخطوة التالية هي قراءة المعطيات بعد تعديلها من العنوان وتخزين النتيجة على شكل (C). ويكون الاختبار على هيئة سلسلة من المقارنات:

1- (A) يجب أن لا تساوي (C).

2- (B) يجب أن تساوي (C).

إذا أخفق أي اختبار فإنه لا يمكن الكتابة على البطاقة. وبالتالي يتم تعديل كاشف الترميز لتحديد زمن صلاحية البطاقة، أو من خلال وقف الرموز المرسلة إلى البطاقة بطريقة Kentucky Fried Chip.

طريقة اختراق Kentucky Fried Chip (KFC)

شكلت هذه الطريقة خرقاً حقيقياً في جدار حماية Video Crypt وشككت في قدرة النظام على البقاء كوسيلة للتعمية. لقد تواترت أنباء تفيد بخرق النظام مع نهاية صيف 1992. ثم جاء النبأ الأكيد، حين وصل مغلف إلى مكاتب Hack Watch News وعند فحصه، تبين أنه يعمل ويلغي ما كان يعتبر من أهم مزايا نظام التعمية وهو إمكانية العنونة عن بعد. إن هذه الطريقة تعمل بوقف الرموز المرسلة إلى البطاقة بحيث لا يمكن التحكم بوقف عمل البطاقة. وذلك يتم بتعديل برنامج الكتابة على البطاقة أو إزالته نهائياً. وهذا يعني بأن البطاقة لا تصبح مؤهلة للعمل مع أقنية أخرى طالما طريقة KFC هي بحالة العمل.

إن تسمية هذه الطريقة فيها بعض الدعابة فهي تحمل اسم المدير المسؤول عن حماية نظام التعمية وهو Ken Crouch وقد عرف بنجاحه في عمله، لذلك فقد كرمه مخترقي النظام بإطلاق اسمه على عملهم.

إن الخطأ القاتل في كاشف ترميز Video Crypt هو عدم حماية عنصر التحكم Mircrontroller 8052 الذي يضبط عمليات كاشف الترميز من الداخل ويتحكم بالدارة البينية Interface مع البطاقة. إن الأسلوب التقليدي هو صهر فيوزات القراءة على عنصر التحكم مما يمنع رؤية البرنامج المخزون والغير مرخص برؤيته. ولكن الغريب بأن الفيوزات على المعالج 8052 النظامي غير قابلة للانصهار. و باستثناء وحدة التغذية، فإن العنصر الأكثر تعرضاً للأعطال في كواشف ترميز Video Crypt هو الدارة 8052 وفي هذه الحالة، وفي أغلب مراكز الصيانة، هناك خياران، إما استبداله بمعالج 8052 من كاشف ترميز لا أمل في إصلاحه، أو بمعالج 8752 مبرمج ببرنامج منقول من 8052 نظامي، وربما لهذا السبب اختارت SKY عدم تفجير فيوزات القراءة.

لقد نجحت SKY بالتغلب على نموذج 1.0 من KFC وكان النموذج 1.1 جاهزاً للتوزيع عندما أصدرت SKY البطاقات SMART 07، و لقد كانت البرمجيات في النموذج الحديث مختلفة عنها في النموذج السابق، و باختصار فإن النماذج 1.0 و1.1 من KFCs لم تكن تعمل بكفاءة عالية.

طريقة اختراق Ho Lee Fook

ربما كانت هذه الطريقة للقرصنة هي الأخطر على نظام Video Crypt؛ لأنها تهدف لاستبدال بطاقة SMART، والبطاقة الجديدة تسمح بالدخول إلى جميع أقنية SKY.

إن بطاقة SMART غير النظامية هي أطول بمقدار 16 ملم من بطاقة SKY النظامية، وهي دارة مطبوعة زرقاء اللون، العناصر مجمعة على سطح واحد بتقنية التجميع السطحي، ولها خمس نقاط لحام نواقل. وقد مسحت الرموز للعناصر الإلكترونية.

يكون الاختبار التقليدي لبطاقة من هذا النوع بالبحث عن جذاذة من بطاقة SKY سارية المفعول. تزال الطبقة البلاستيكية الواقية عنها وتوضع على حامل DIL ومن ثم تغطس في مادة راتنجية Resin سوداء لتأخذ شكل الدارة المتكاملة.

وكما هو الحال في الطريقة السابقة KFC، ينزع عنصر التحكم 8052 من مكانه في كاشف التعديل؛ ويتم قصدرة الحامل DIL الحاوي 40 رجل في النقاط الفارغة على الدارة المطبوعة وبدلاً عنه تركب الدارة 8752 المكافئة لعنصر التحكم 8052 المسمى أحياناً "Magic Chip" تعبيراً عن أهميته.

إن وجود الدارة 8052 والدارة ZC 404047 على بطاقة Smart هو من الأمور الحيوية التي ساعدت على تطوير نظام قادر على كسر الحماية والذي يتطلب إجراء بعض التعديلات على كاشف الترميز دون المساس بالبطاقة التي تحتوي على معطيات وخوارزميات ضرورية لكشف تعمية الإشارة.

دراسة حالة Video Crypt-S

شاركت بتطوير هذا النظام الشركات Thomson, Datacom و BBC. وكانت BBC هي أول من استثمره من خلال برامج طبية وتجارية.

إن الوقت الذي خصص لإرسال الأقنية المعماة كان يحمل متاعب خاصة، إذ أن البث يبدأ مع انتهاء الأقنية الرئيسية. وهكذا فإن أغلب المشاهدين يكونوا قد سكنوا إلى النوم، ومن الضروري أن يكون هناك دارة زمنية بحيث تسجل البرامج لرؤيتها لاحقاً.

إن ضعف نظام قطع الإشارة وتدويرها يأتي من عدم تحقيق ملاءمة نقاط الربط في إشارة كاشف التعمية بالشكل الأمثل. وهذا يؤدي إلى ضجيج عالي للتردد المنخفض ووميض على الشاشة. وإن عدم الخطية في نظام النقل عبر الكبل يزيد من حدة هذه المسألة. لكن نظام Video Crypt تمكن من التغلب عنها وأصبح الارسال الفضائي أكثر نقاوة نسبياً.

طريقة عمل النظام

خنط الخطوط يتم بتبديل مواقعها، فالخط رقم 1 يمكن أن يصبح رقم 10 أثناء التعمية. ويجب إعادة ترتيب الخطوط وهذه عملية معقدة رغم بساطتها ظاهرياً.

يقوم نظام Video Crypt-S على تعمية الكتل. كل كتلة مؤلفة من 47 خطاً و هناك ست كتل بالحقل الواحد. وتحجز بقية الخطوط في الحقل لنقل النصوص ومعطيات التحكم. هناك ثلاثة أنماط للتعمية:

- خنط الخطوط بأكملها وهي 282 خطاً.
- خنط نصفي للخطوط.
- تأخير كتل من الخطوط.

إن الخلط الكامل والخلط النصفي يؤديان إلى تشويه الصورة وإن تأخير كتل الخطوط لا تؤمن حماية كبيرة ضد الاختراق كالطرق الأخرى التي تعتمد التأخير أسلوباً للتعمية. لكن استخدام الطرق الثلاثة معاً يجعل التأثير قوياً على الصورة. وتساعد عملية تأخير الكتل بفرزها جانباً وبالتالي سهولة تحليل ما يحدث.

التحكم بالوصول Access Control

ترتكز معابر التحكم على النظام Video Crypt، أي أنها تعتمد بطاقات Smart، ويتحكم بالتعمية مولد دوران. إن نواة المولد هي كلمة ذات 20 خانة مشتقة من المعطيات المرسلة عبر الأثير في شكل مشفر.

تحمل بطاقة SMART المعطيات الرئيسية ومعلومات عن المستثمر وخوارزمية فك التشفير اللازمة لكشف معطيات منقولة عبر الهواء وهي ذاتها بالنسبة لبطاقة SMART لنظام Video Crypt العادي.

دارة فك الترميز

إن الفرق الأساسي بين Video Crypt-S والنظام العادي Video Crypt(بدون S) يكمن في تقنية التعمية، إذ تستخدم طريقة خلط الخطوط في Video Crypt-S وبالتالي يحتاج الأمر لذاكرة RAM أكثر اتساعاً للتخزين، ويتم التحكم بخلط الخطوط عن طريق دارة متكاملة ASIC جرى تطويرها من قبل شركة Thomson.

هذه الدارة المتكاملة هي بمثابة قلب النظام، فهي تتحكم بفصل المعطيات وحجز الذاكرة وكذلك بتوليد الدوران للخطوط. تشتق المعطيات من الخطوط VBI وتعالج، ثم تغذى إلى ممر Bus للتحكم بكاشف الترميز.

إن العنصر الأساسي في كاشف ترميز النظام Video Crypt-S هي الدارة 8052. إن مراحل الفيديو ADC وDAC هي ذاتها كما في نظام Video Crypt العادي.

هل يعمل كاشف التعمية غير النظامي؟

إن بعض النماذج التي تعمل لفك نظام Video Crypt، تعمل أيضاً لفك Video Crypt-S. وإن جهد الكتابة على الذاكرة EPROM يجب أن يكون متوافقاً مع البطاقة المستخدمة.

وقد اضطرت SKY لإصدار بطاقات جديدة لوقف عملية اختراق النظام.

بما أن معظم تعليمات البرنامج في دارة التحكم 8052 هي ذاتها في نظام Video Crypt العادي. لذلك يمكن أن يعمل بشكل جيد، ويبقى أن تختار BBC بطاقات Smart من مستوى رفيع مثل إصدار SKY07. ولكن إذا وقع اختيارها على بطاقات الإصدار 06، عندئذ سوف يعمل نظام الاختراق KFC.

ترتبط مسألة اختراق النظام بمدى الطلب على رؤية البرامج. وبرامج BBC ليست واسعة الانتشار لذلك فإن هذا العامل سوف يحميها من الاختراقات الجديّة.

دراسة حالة Nagra Kudelski Syster

تم تطوير هذا النظام للتعمية في سويسرا ليحل مكان نظام Discret المخترق تماماً. وكانت شبكة Canal Plus هي من أكثر القنوات الأوربية استخداماً لهذا النظام حيث بلغ عدد المشتركين ما يزيد عن ثلاثة ملايين مشترك. ولكن كانت التجاوزات كثيرة جداً، واستخدم الكثيرون فاك تعمية غير مرخص به.

استخدم هذا النظام حتى الآن من قبل الأقنية Teleclub, Premiere و Canal Plus الأسبانية، وسوف يصبح نظام التعمية الأكثر انتشاراً في ألمانيا. ولأن Canal Plus قد اعتمدته في فرنسا فقد أضحى النظام الأول للتعمية في أوربا.

إن تقنية خلط الخطوط اعتمدتها قنال Premiere التي تبث برامجها عبر القمر ASTRA، بينما اعتمدت اسبانيا تقنية الخلط مع القطع والتدوير.

إن أحد نقاط قوة النظام تكمن في إمكانية الحفاظ على نوع من التحكم والرقابة من قبل محطة الارسال على النظام، وعندما يسمح باستخدام Irds فإن هذه الميزة تفقدها المحطة وتصبح عملية القرصنة ممكنة. ولعل تجربة Video Crypt وSKY توضح بجلاء هذه الحقيقة.

تعمية الفيديو

يعتمد نظام Syster على خلط الخطوط بالإضافة لقطع خطوط الفيديو وتدويرها. وتوجد إمكانات أخرى أيضاً مثل التأخير، وهذا يجعل النظام من أعقد الأنظمة للكسر والاختراق.

هناك شكلان لعملية خلط الخطوط، الشكل الثابت حيث يقسم الحقل إلى عدة قطع يحتوي كل منها على نفس عدد الخطوط. و الشكل الآخر يكون بتغيير موقع القطع من حقل إلى آخر، وهذا يضعف من فرصة النجاح لاختراق النظام أثناء أخذ عينات من الحقل ومقارنتها في عملية الترابط Correlation.

إن عملية كشف التعمية لإشارة الفيديو، تعتمد مثل أغلب الأنظمة، على الدارة المتكاملة ASIC القادرة على التعامل مع الخطوط التي أجريت عليها عمليات قطع وتدوير، وهي الأعلى تقنية في أي كاشف ترميز.

إن بنية كاشف التعمية للفيديو تشبه، من بعض الوجوه، حالة Video Crypt-S، إذ يقوم محول ADC بتحويل إشارة الفيديو المعماة إلى إشارة رقمية. وتقوم الدارة ASIC بتمرير الإشارة الرقمية إلى ذاكرة الفيديو ومن ثم يتم إعادة توليد الخطوط المتتالية وترتيبها من دون تدوير عند الحاجة، أي حين تكون الخطوط قد تم تجزئتها وتدويرها.

يعمل المحول DAC بعد ذلك على إعادة الإشارة الرقمية المطلوب كشف تعميتها إلى إشارة تشابهية، حيث يتم ترشيحها قبل أن ترسل إلى المستقبل SCART.

نظام التحكم بالوصول Access Control System

إن نظام التحكم بالوصول في نظام Syster هو نظام ثنائي dual. إذ يستخدم العنونة المباشرة بالإضافة إلى بطاقة SMART ، حيث يكون عنصر التحكم على شكل مفتاح منفصل ويسمى "مفتاح Key" في النشرات الدعائية.

يمكن إعادة برمجة المفتاح على الهواء مباشرةً لدى السماح لمشترك مرخص له. وعلى المشترك الطلب من مركز الترخيص

بفتح كاشف الترميز.

يعمل النظام بساعة توقيت Clock سريعة لنقل المعطيات وهي بحدود 4 ميغا هرتز. وهذا يعطي النظام قدرة كبيرة على التعامل السريع مع المعطيات المتغيرة زمنياً.

إن ضرورة السماح للمفتاح أن يصل إلى كاشف الترميز، يبدو بأنه إشارة إلى أن لكل مشترك رمز معين وبالتالي يمكن متابعة أي كاشف ترميز يشحن إلى خارج المنطقة المسموح بها، وهكذا، يبقى النظام هو الأكثر مناعة للاختراق في أوربا.

دراسة حالة: Cryptovision

هذا النظام هو واحد من أحدث الأنظمة التي دخلت سوق التلفزيون الفضائي في أوربا، وقد استخدم منذ منتصف الثمانينات في مناطق أخرى من العالم وذلك كنظام تعمية لنقل القنوات الأرضية.

على خلاف معظم الأنظمة الأخرى، لم يتم اختراقه، وذلك يعود بشكل رئيسي إلى التصميم عالي الكفاءة لنظام مسالك التحكم فيه. ولأنه لم يستخدم على نطاق واسع في التلفزيون الفضائي.

تم تصنيع النظام من قبل شركة Tandberg ، وهي من الشركات الأولى التي أطلقت المرمزات MAC وكواشف الترميز لها. تستخدم النظام حالياً قنال الخدمات البريطانية BSC التي تبث برامجها عبر التابع Intelsat عند التردد 27.5° غرباً. في البداية، اعتقد الكثيرون بأن القنال تستخدم نظام Video Crypt وذلك لأن نظام Cryptovision يعتمد ذات التقنية، على الرغم من أن مسالك التحكم تختلف تماماً.

لا يستخدم هذا النظام فقط لتعمية الإشارات الفضائية، فشبكة Cablelink تستخدم النظام لتعمية الأقنية الأرضية وهي تخدّم 260 ألف منزل في أوربا وتأتي في المرتبة الثانية للشبكات الأرضية. إذ يتوزع المشتركين بين الدول الاسكندنافية وايرلندا.

تعمية الفيديو

يستخدم نظام Cryptovision أسلوب القطع والتدوير، حيث تتم تجزئة خطوط الفيديو ومن ثم تدويرها حول نقطة القطع. ويكون معدل أخذ العينات أعلى من نظام Video Crypt وبنتيجة ذلك تكون نوعية الصورة المعماة أفضل قليلاً.

يتم إخفاء نقطة القطع في كل خط بحيث لا توجد دلالة على النقطة. والمحاولات الأولى لاختراق نظام Video Crypt كانت باستخدام وشيعة للتركيز على نقطة القطع وإظهارها.

تشير المواصفات الأساسية إلى وجود محوّلات ADCs وDACs من العائلة Digital 2000. ويستعاض عنها الآن باستخدام الدارات المتكاملة TDA8702 وTDA8703، و يكون تردد أخذ العينات مساوياً 17.73 ميغاهرتز وهو يمثل أربع أضعاف تردد الحامل الثانوي للون في نظام PAL، وهذا يؤدي إلى وضوح في الصورة. وكما هو الحال في نظام Video Crypt، هناك 256 نقطة قطع في كل خط، وهذا العدد هو جزء من عدد كلي للعينات الممكنة يساوي 921 عينة وهكذا يكون بعضها غير مستخدماً. مما يجعل كشف نقاط القطع صعباً في تعمية الفيديو.

نظام التحكم بالوصول Access Control

يصمم نظام التحكم بالوصول ليكون مرناً بحيث يمكن أن يحتمل عدداً من الطرق، بدءاً من العنونة المباشرة عبر اضواء ووصولاً إلى بطاقات Smart.

إن فترة الإطفاء العمودي تحمل المعطيات الضرورية للتشفير ومستويات التفعيل على شكل إطار مشفر. وتكون المعطيات على هيئة نص مرئي بحيث لا تستخدم خطوط نقل النص. وتعتبر هذه ميزة، إذ تمكن من استخدام دارات متكاملة رخيصة الثمن لأنها تسمح بالتعامل مع النص المرئي على أنه معطيات.

يمكن لمستخدم النظام تشغيل كاشف الترميز مباشرةً، وهذه الإمكانية تشكل صعوبة بالغة في اختراق النظام، حيث تختزن المعلومات الهامة في ذاكرة ROM وRAM، وأية محاولة لفحص محتويات الذاكرة RAM تؤدي إلى عطب لمفتاح المعطيات.

إن نظام التشفير المستخدم لترميز المعطيات غير معروف تماماً، ولكن من الممكن أن يكون على شكل DES (Data Encryption Standard). وهناك ضعف في التحكم بالوصول استطاع المخترقون أن ينفذوا عبره، وقد درس المطورون لنظام Crypto Vision المآخذ لنظام Video Cipher واستفادوا بتقوية نظام الحماية ضد المخترقين.

تعمية الصوت

توجد إمكانية لتعمية الصوت في كاشف ترميز Crypto Vision ولكنها لم تستخدم بعد. و هناك مجموعة من الخيارات تتضمن تعديل Delta، تشفير NICAM وقلب الطيف.

دراسة حالة: Video Cipher -II and +II

تقنية الفيديو: استبدال التزامن، عكس قطبية الفيديو.

تقنية الصوت: تشفير الصوت الرقمي بطريقة DES.

المستخدمون: De Facto بالمقياس الأمريكي.

نظام الارسال: NTSC.

تعمية الفيديو: تزال نبضات التزامن الأفقي والعمودي ويستعاض عنها بمعطيات رقمية. تعكس إشارة الفيديو وتوضع نبضات اللون بمستوى جهد غير قياسي بغية وقف قفل بعض أجهزة الاستقبال التلفزيونية التي تعتمد على نبضات اللون.

تعمية الصوت:

لمحة تاريخية

قد يكون Video Cipher II أو اختصاراً (VCII) من أكثر أنظمة التعمية أهمية في تاريخ إخفاء الإشارة. فلقد سجل المحاولة الأولى ليصبح النظام المقبول عالمياً لتعمية إشارة الفيديو. فهو نظام جيد ويعتمد على تقنية الثمانينات وحظي بتعديلات متواكبة وسريعة لتحسين الحماية.

يستخدم نظام VCII طرقاً تشابهية متنوعة لتعمية إشارة الفيديو، تتضمن حذف التزامن الأفقي والعمودي، عكس قطبية الفيديو وتغيير في مستوى تزامن اللون ليصبح غير قياسياً.

يعتمد نظام VCII أيضاً تقنيات متطورة للتشفير الرقمي للصوت وذلك بتطبيق خوارزميات تشفير المعطيات القياسي (DES) التي تجمع بين الصوت وعنونة المعطيات في تدفق معطيات مؤلف من 88 خانة يتم ارساله خلال الفترات المنتظمة لنبضات التزامن الأفقي أو التزامن العمودي في نظام +VCII. تحتوي الخانات 88 على الصوت الرقمي المضاعف (ستيريو)، ترميز برنامج التحكم، معلومات لإعادة توليد التزامن وإمكانات أخرى للحماية تشمل 56 مفتاحاً.

هناك نظام Video CipherI الذي يطبق فيه التشفير الرقمي للفيديو والصوت وهو مكلف ولم يثبت جدوى اقتصادية ليصبح نظاماً شائع الاستخدام. من الضروري معرفة خوارزميات DES المستخدمة للتشفير الرقمي لتدفق المعطيات في نظام VCII وذلك لفهم نظام Video Cipher وأنظمة Euro Cypher.

تُستخدم في الجزء الخاص من التحكم بالوصول في نظام VCII خوارزمية تشفير المعطيات القياسية DES لتشفير مفاتيح الأقنية المتاحة، ويشفر المفتاح الشهري بالمفتاح المخصص لكل كاشف ترميز، فإذا لم يدفع المشترك اشتراكه يكون من السهل إبطال تفعيل كاشف الترميز. يتم فك الشيفرة الشهرية في فاك الترميز لكشف الأقنية المرمزة وإظهار الإشارة المعماة. ولا يزال هناك عدداً من السلبيات في النظام تقود إلى كسر حمايته ومن ثم إعادة الحماية، وتبقى المعركة مستمرة.

يوجد نظام VCII والنظام الأحدث منه +VCII على شكل وحدة معلبة بلاستيكياً و متوضعة في IRD أو على شكل بطاقة ذات 44 نقطة وصل على الجانبين، وفي أغلب المنتجات، يمكن إضافة هذه الوحدة أو حذفها من الواجهة الخلفية.

إنه من الهام جداً أن يكون الجهاز مغذى كهربائياً أثناء إضافة أو إزالة وحدة VCII. وإن أي خطأ في الاستعمال يكون بكلفة عالية، لأن ذلك يستدعي إعادة كاشف التعديل إلى الشركة المصنعة (General Instrument) لإجراء الإصلاح دون أن يكون ذلك مغطى بالضمان.

عمل كاشف التعمية للنظام VCII

يعلم القراصنة بأن برنامج التحكم مكتوب على ذاكرة EPROM، وقد جرى إخراج البرنامج وتحليله، وهو مكتوب بلغة الآلة أي بمعطيات Binary، وبالعودة إلى شكل Mnemonic، يمكن فهمه.

في البداية كان الاختراق لنظام Video Cipher يتضمن فقط تكرار البرنامج بحيث يمكن للمشترك في قنال واحدة أن يشاهد مجموع الأقنية. وعرفت الذواكر EPROM التي تحتوي عدة برامج باسم "Musketee Chip"، حيث يتوفر في كاشف الترميز عدداً من المسجلات تحمل ترميزاً لكل قنال، فعندما يتم تفعيل كاشف الترميز من أجل قنال معينة، يقوم المسجل باحتواء ترميزاً صحيحاً وتسمح دارة فك التعمية بإظهار الإشارة. أي أن الاختراق كان برمجياً Software أكثر منه دارات Hardware.

نظام +Video CipherII

تم تطوير +VCII لأن نظام VCII تم اختراقه أولاً ولأنه الأكثر شعبية في أمريكا الشمالية ثانياً. فعلى الرغم من استخدام مادة كتيمة للتغليف ومحاولات أخرى لحماية التصميم، غير أنه تم كسر حصانته، وأدخلت الشركة المصنعة النظام الجديد +VCII في عام 1990.

إن الميزة الهامة في نظام +VCII هي الزيادة في عدد الخانات المتاحة للبرمجة، حيث تمثل كل خانة قنال أو مجموعة

أقنية إذ يوجد 256 خانة في VCII+ بدلاً عن 56 خانة فقط في VCII إضافة إلى إمكانية تفعيل VCII+ بطريقة أسرع. وكذلك هناك خيار إمكانية وجود وحدة Video Pal للدفع مع كل مشاهدة (Pay-Per-View) الذي أعطى أهمية كبرى لهذا النظام.

إن الاختلاف في التوضع الفيزيائي للصوت والمعطيات الرقمية تجعل كتل VCII غير قادرة على استقبال الصوت للأقنية المخصصة لارسال برامج VCII+، وهذه حالة قنال Spice والأقنية الأخرى للدفع مع كل مشاهدة (PPV) في أمريكا الشمالية. وتكون جميع الأنظمة الغير مرخصة صامتة لدى استقبال أقنية VCII.

إن معظم الخبراء ظنوا بأن VCII لم يكن سوى نموذج مؤقت ريثما تنتهي شركة GI من تطوير ما سمي MOM (Modem On Module)، حيث يحتوي كاشف الترميز على وحدة PPV ضمنه، مما يجعل تركيبه سهلاً، ويحذف العلبة الإضافية التي توضع قرب جهاز التلفزيون، وتحتوي MOM أيضاً على قارئ بطاقات مغناطيسية إضافي. وقد وزع MOM عام 1991 بكلفة 169 دولاراً.

يمكن أن تحدث إزاحة من السوق للأنظمة VCII+, VCII مع موديم MOM ويحل محلها جميعاً DigiCipher، و ذلك تبعاً لعوامل متعددة أهمها صمود نظام VCII ضد الاختراق، وهذه رغبة الشركة GI في مواجهة الصعوبات الناجمة عن التغير.

الوسيط Interface في نظام Video Cipher

على الرغم من أن الوصلة تحوي على 44 نقطة، غير أن النقاط المستخدمة منها هي 17 نقطة فعالة فقط وهناك 18 نقطة موصولة مع الأرضي، والنقاط الفعالة مدرجة في الجدول 20-1.

إن منتجي IRD لا يحصلون على ترخيص من شركة GI باستخدام VCII و VCII+ إلا في حال إمكانية تحكم وحدة Video Cipher بإشارة الصوت والصورة وكذلك ضبط الأقنية حين يكون IRD في وضع Stand-By.

عند إطفاء المستقبل IRD، يلزم وجود معالج لمسح جميع الأقنية للبحث عن القناة المعماة بنظام Video Cipher. وحين يجد القناة الخاصة بالنظام VCII فإنه يطلب من المعالج الوقوف عندها و يستدعى الاستقطاب مع إظهار آخر قنال كانت تشاهد على الشاشة في الحال.

عند تمييز قنال تعمل بنظام Video Cipher أثناء العمل الطبيعي للنظام، فإنه يتم ارسال إشارة تحكم (VC Sync) لفتح مستقبل الفيديو وإشارة الصوت.

يقوم خط المعطيات التسلسلي بنقل وضعيات مفاتيح التحكم لنظام VC الموجودة على وحدة التحكم عن بعد و/أو على الواجهة الرئيسية Setup, Help, View, Text, Message, Next (Prog إضافة للأزرار الرقمية). ويتحكم خط المعطيات هنا بالمعالج أثناء وقف التوليف وخلال عملية كشف التزامن لنظام VC.

النقطة	الإشارة
1	خرج PPV إلى الوصلة IPPV
24/2	+5 فولت مستمر للدارات المنطقية
5	دخل المعطيات التسلسلي لوحدة Video Cipher (VC)
6	تحكم بالتزامن لمفتاح الفيديو والصوت لنظام VC
10	+5 فولت مستمر للدارات الرقمية
12	خرج لقنال الصوت اليمنى
16	خرج الفيديو من وحدة VC
18	دخل الفيديو لمحطة الارسال لوحدة VC
20	+12 فولت مستمر للدارات التمثيلية
23	معطيات إضافية للخط لوصلة المعطيات
27	خرج المعطيات التسلسلية من وحدة VC
31	-5 فولت للدارات الرقمية
33	خرج الصوت الأحادي
35	خرج الصوت اليساري
42	-12 فولت للدارات التمثيلية

النقاط المحجوزة لاستخدام مستقبلي: 4، 7، 21، 22، 26، 28، 29، 43، 44.
نقاط ارضي الدارات المنطقية: 3، 9، 25، 30.
نقاط ارضي الصوت: 11، 13، 14، 32، 34، 36.
نقاط ارضي الفيديو: 15، 17، 19، 37، 38، 39، 40، 41.

جدول 20-1. النقاط الفعالة المستخدمة في كاشف التعمية Video CipherII/II+.

تحليل الاعطال الطارئة على مسح المعطيات

لا يوجد ذكر للأعطال التي تحدث أثناء مسح المعطيات في تعليمات استخدام نظام Video Cipher، ولكنها هامة لتقييم عمل هذه الوحدة وإصلاحها. وللوصول إلى مسح الأعطال، يجب وضع الوحدة على أية قنال معروفة ويمكن تعمينها في نظام VC أو VCII. وباستخدام مفاتيح التحكم فقط، يتم الضغط على SET UP ومن ثم على المفتاح 0. عند ذلك سوف يظهر على الشاشة تحليل لنظام VCII و VCII+ بمعزل عن الأقنية المسموح إظهارها.

تنقسم شاشة VCII+ إلى ثمانية خطوط معلومات مرقمة، وهذا يعني بأنه من الأسهل تقييم هذا النظام مقارنة بالنظام VCII الذي يظهر فقط أربعة صفوف من الأرقام. إن تحليل الأرقام التي تظهر على شاشة نظام VCII+ تفسر كما يلي: حيث يدل VIxx على نموذج البرنامج الخاص بالنظام، و يحتوي الخط 1 على الرقم الدال على ID و الحقل Video Pal. إذا تغير رقم ID للوحدة فإن

ذلك يدل على عطل في الذاكرة. وإذا ظهر على الشاشة 0000 0000 0000 0000 فذلك يعني بأن الكتلة قد تعرضت إلى تغذية كهربائية عالية القيمة أو بأن بطارية حفظ الذاكرة قد استهلكت. ويمكن الاستنتاج أيضاً بأن الحقل Video Pal يعمل بصورة جيدة إذا تم ايصاله إلى الوحدة Module.

يوجد على الخط 2 قائمة بمعلومات عن تنسيق البرنامج. وليس هناك معلومات على الخط 3، في حين يحوي الخط 4 على قائمة برموز تتعلق بالمكان (Zip Code) والزمان المخصصين لعمل الوحدة. والخط 5 محفوظ لاستخدام مستقبلي. يحوي الخط 6 على بعض المعلومات المفيدة، فالزوج الأول من الأحرف الرقمية يبين فيما إذا لم تستخدم الوحدة من قبل، C4 تعني بأن النظام لم يعمل مسبقاً، بينما C0 تدل على أنه سبق أن رخص له. ويشير الزوج التالي إلى الشهر، أما الزوج الأخير في المجموعة الأولى فهو يدل على رمز القنال. يوجد البرنامج في أقصى اليمين من الخط 6، ويظهر أيضاً الأخطاء الملتقطة للتزامن، و عداد محطة الارسال ومؤقت زمني يعتمد على تعداد الإطارات.

يحتوي الخط 7 على ثمانية خانات، الأربعة الأولى منها مخصصة لتعداد مرات تشغيل الوحدة، والأربع خانات الأخرى تدل على عدد مرات عمل الحاسب المركزي. ويمكن تصفير هذه الأرقام، أي تصبح بالوضع 0000 عند الضغط على المفتاح 0/0 على جهاز التحكم. الأرقام المتبقية في هذا الخط تشير إلى الارسال (نوعه مثلاً، غير مرخص، مقفول، مجاني...ألخ) والرقم الأخير هو عداد تنازلي إلى نهاية البرنامج المشاهد.

يبدأ الخط 8 بعددين مؤلفين من ثلاث خانات تنتهي بالرمز E-00. ويدلان على جودة الإشارة لنظام +VCII، إذ تتفاوت بين قصيرة (5 ثوان) وطويلة (45 ثانية) وينبغي أن يكونا في الوضعية 0.00E-00/0.00E-00. ويعتبر الرقم الأعلى من ذلك خطأً في الإشارة.

ترمز الخانتان اللاحقتان بالأحرف العددية إلى الصوت وتدلان بصورة خشنة على الأخطاء في تدفق الخانات، وحين يكون الاستقبال مرخص به ينبغي أن تبقى الخانتان في الحالة 00. أما إذا كانت الإشارة مصحوبة بضجيج فالعداد يتغير صعوداً وهبوطاً ويتضمن أعداداً في النظام الست عشري (A=10, B=11...F=15). يشير الحرف الأخير في الخط 8 إلى شكل الإشارة وحالة النظام، S تدل على أنها معماة؛ F تشير إلى ثبات المفتاح، T للفحص وP للمعالجة مع إمكانية الرؤية أيضاً.

يوجد خلف العمود عادةً NS لعدم الاشتراك، وS للموافقة على الاشتراك، CB إلى التعتيم (حسب قوانين المنطقة)، MP تدل على عدم عنونة الوحدة Module، OC تشير إلى وضعية قديمة (عدم تغيير في عداد الأشهر).

معظم المعلومات على شاشة +VCII تظهر مع بعض الاختصارات على شاشة VCII، الخط الأعلى من شاشة VCII يظهر رقم الوحدة ID.

الخط الثاني، وفي العمود الأول، يظهر عداد يزداد مرتين في اليوم. العمود التالي يشير إلى عداد أخطاء لإطار الصوت والذي يجب أن يبقى في الحالة 0000. العمود الأخير يبين صحة عداد الإطارات. الخط الثالث يدل على رمز محطة الارسال. الخط السفلي يبين حالة الصوت (العمود الثاني)، حالة الترخيص (العمود الثالث)، رمز زمن البرنامج (العمود الأخير).

عموماً، يجب أن يزداد عداد الإطارات بنفس سرعة تناقص رمز زمن البرنامج. وإذا لم يزداد عداد الإطارات بصورة ثابتة وناعمة فذلك يدل على أن الإشارة لا تصل بصورة صحيحة. وهذا يعني وجود ضجيج مع الإشارة أو وجود إشارة أخرى التقطها المستقبل أو كاشف التعمية لنظام Video Cipher.



شكل 20-5 شاشة تحليل نظام +Video CipherII.

نظام الارسال MAC

Multiplexed Analogue Component

يتيح نظام MAC استخدام أفضل لعرض الحزمة الترددية المخصصة للارسال التلفزيوني مقارنة بالأنظمة الأخرى للارسال PAL, SECAM, NTSC. وقد قامت بتطويره في بداية الثمانينات وكالة الارسال المستقلة في بريطانيا (IBA).

في نظام MAC، ترسل عناصر النصوع Luminance واللون Chrominance بصورة مستقلة باستخدام التقسيم الزمني وذلك

مقارنةً بأنظمة الارسال PAL، NTSC وSECAM، حيث يتم ارسال هاتين الإشارتين معاً باستخدام التقسيم الترددي.

في نظام MAC، تضغط إشارتي النصوع واللون زمنياً، ومن تم ترسلا تتابعياً. يتم إعادة العناصر إلى قيمها رقمياً على التوالي وتجتمع في المستقبل لتشكل خرج YUV أو RGB. يسمح ضغط معلومات الفيديو بتمكين إشارة الصوت والنص المرئي من أخذ عمق أكبر.

يتم ارسال تزامن الخط في نظام PAL على شكل نبضات و هو يحتل جزءاً معتبراً من الزمن الفعلي لارسال الخط. في حين يشتق تزامن الخط في نظام MAC من كلمة مؤلفة من 6 خانات في كتلة المعطيات.

لنظام MAC ميزة هامة مقارنة بأنظمة الارسال الأخرى، إذ أنه في أنظمة التعديل الترددي، يكون لمستوى جهد الضجيج إلى الاستجابة الترددية شكل مثلثي، ويزداد جهد الضجيج بصورة خطية تقريباً مع التردد. وتتوضع معلومات اللون بشكل رئيسي في الجزء الأعلى من إشارة الارسال الأصلية، أي في المجال من 3.5 إلى 5.5 ميغاهرتز. لذلك فإن أعلى مستوى لجهد الضجيج يظهر مع إشارة اللون وينجم أدنى معدل إشارة/ضجيج. ويمكن لدارة رفع مستوى القمة Pre-Emphasis أن تعوض قليلاً من هذا التأثير، ولكن بالمقابل، فإن خفض مستوى القمة De-Emphasis يترك أثراً سلبياً، إذ أنه يحدث قرب نقطة المسك Threshold للإشارة في نظام PAL، و هناك ومضة عالية المستوى تنجم عن الدارة.

يوجد عدد من الأشكال لنظام MAC، و لم تعتمد جميعها على نطاق واسع، ويكمن الفرق الرئيسي بينها في الطريقة المتبعة لنقل معلومات الصوت.

أشكال نظام MAC

يستخدم نظام A-MAC حامل ثانوي منفصل لنقل معلومات الصوت، في حين يكون مع إطار الخط في الأشكال الأخرى لنظام MAC.

يعتمد نظام C-MAC على ناخب راديوي RF-Multiplex، حيث يعدل الحامل ترددياً من أجل معلومات الفيديو ورقمياً لمعلومات الصوت.

أما في نظام S-MAC أو Studio-MAC، فإن عناصر Y تضغط بنسبة 1:2 وعناصر U وV بنسبة 1:4، وهذا يسمح للعناصر الثلاثة بأن تكون محمولة على الخط العادي مع نبضات التزامن القياسية. وتستخدم هذا النظام شركات التلفزة الخاصة الأمريكية، إذ أن عرض الحزمة المطلوب يجعله غير قابل للاستخدام العادي.

دراسة حالة النظام MAC: B-MAC

تعمية الفيديو: تأخير خط عشوائي، لا يوجد نقاط تزامن قابلة للاستخدام في الإشارة بالنسبة لمستقبل تلفزيوني يعمل بنظام PAL أو NTSC، وهذا يؤمن عدم قفل على الخط. وفي أغلب الحالات عدم قفل شاقولي.

تعمية الصوت: تشفير رقمي حاد للصوت بطريقة التعديل-دلتا وباستخدام خوارزمية DES.

لمحة تاريخية

تم اختيار نظام B-MAC للشبكة الخاصة الأوسع انتشاراً في أوربا وهي قنال Racing، حيث زودت شركة الاتصالات البريطانية المشتركين بكاشف التعمية المناسب وتستخدم هذه الأجهزة مترافقة مع مستقبل يتمتع بمجال تمرير عريض واستجابة ترددية بحدود 10 ميغاهرتز لكل قنال. كذلك يتوفر كاشف ترميز مع مستقبل متكامل مع IRD (Integrated Receiver Decoder).

تم تطوير نظام B-MAC من قبل Digital Video Systems التي تملكها الآن Scietific Atlenta. ويمكن للنظام أن يؤمن قناة فيديوية معماة، وست أقنية صوتية، وأيضاً قناة نص مرئي. إن النظام كما تم استخدامه من قبل Racing Channal يؤمن أربع أقنية صوتية فقط، إضافة إلى قناتي الصورة والنص المرئي.

تقنية عمل النظام

يعمل النظام بنفس طريقة عمل باقي أنظمة MAC مع الاختلاف في بنية المعطيات. فالتقسيم الزمني يعمل بعينات عرضها 47 نانو ثانية، وهذا يعادل تقريباً 1365 عينة مأخوذة على خط يشغل 64 ميكرو ثانية (انظر الشكل 20-6). توضع العينات لكل خط يتم على النحو التالي:

الإضاءة: 750 عينة — 35.25 ميكرو ثانية.

اللونية: 375 عينة — 17.625 ميكرو ثانية.

الفترة الانتقالية بين الإضاءة واللونية: 6 عينات — 0.2 ميكرو ثانية.

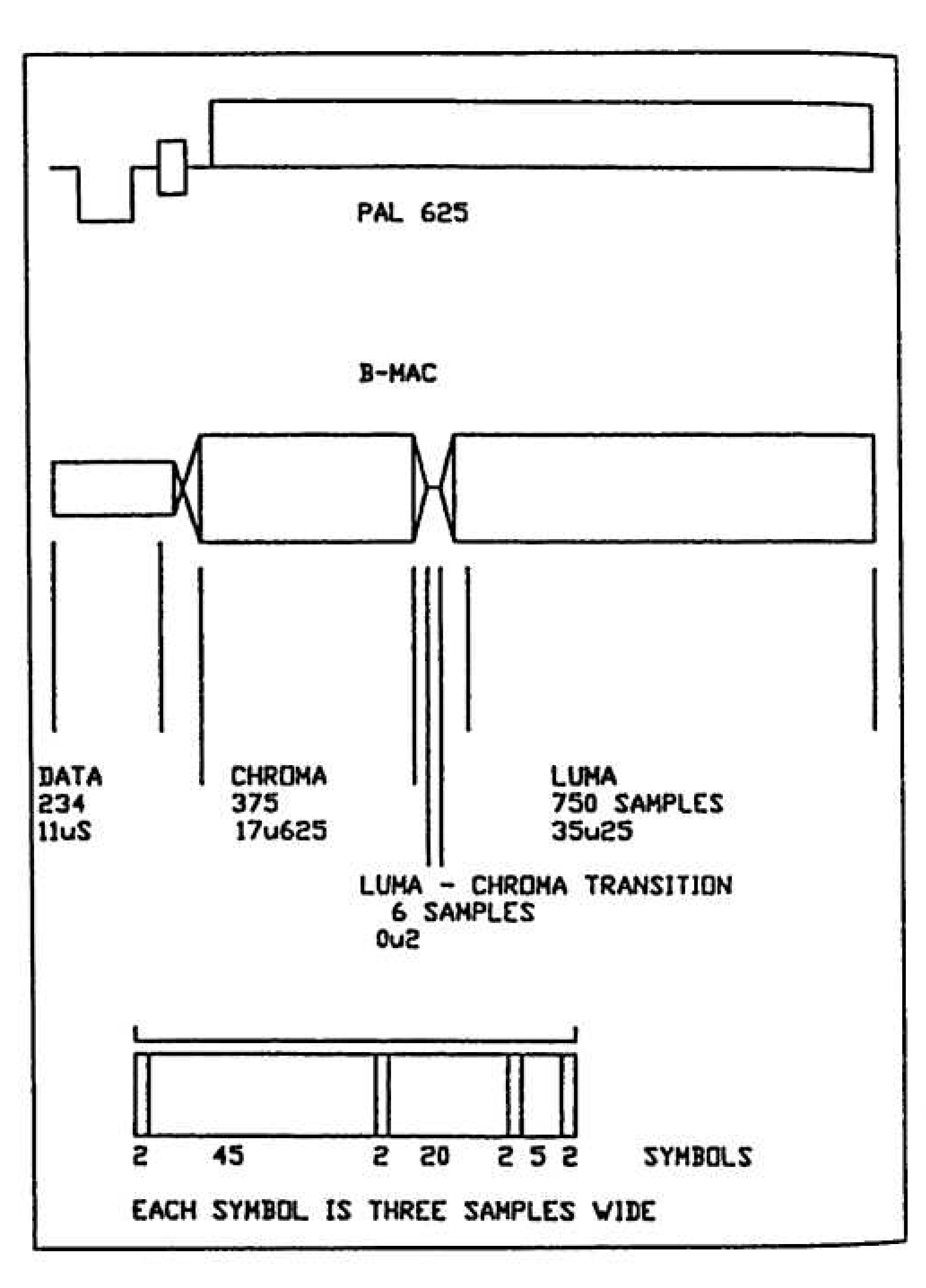
المعطيات: 234 عينة — 11 ميكرو ثانية.

ويستخدم نظام التعديل (QPSK) لنقل المعطيات، حيث يكون كل رمز من المعطيات مؤلف من ثلاث عينات مما يجعل المعطيات تتوزع على 78 رمز في كل خط. وهذا يعطي معدل رموز مساوياً (455 × تردد الخط) أو 7.11 ميغا رمز/ثانية. إن متوسط معدل الرموز هو 1.22 ميغارمز/ثانية.

الأقنية الصوتية الستة ونبضات الساعة المرجعية يتم نقلها أثناء فترة إطفاء الخط. إذ إن الرموز الثمانية والسبعون تحتل الزمن (11 ميكرو ثانية) المذكور أعلاه.

كل رمز مؤلف من خانتين في نظام الأربع مستويات أو ما يسمى Duo-Binary حيث يكون عرض الحزمة المطلوب هو النصف من اجل مستوى معين للخانة وذلك باستخدام ثلاث مستويات للإشارة بدلاً من الصوت الرقمي. ويخصص عشرون رمزاً لنبضات الساعة المرجعية، وهذا يكون بإشارة ذات مستويين و10 دورات تعادل 277.5 مرة تردد الخط. إن المستوى المتوسط لهذه المعطيات يحدد مستوى الصفر لإشارة اللونية.

تتألف كتلة المعطيات من رمزين لنفصل: 45 رمزاً، رمزين للفصل 20 رمزاً للساعة المرجعية، رمزين للفصل، وأخيراً 6 رموز.



شكل 6.20. شكل الموجة في نظام B-MAC. هذا الشكل يوضح شكل موجة الفيديو لخط في نظامB-MAC. ويتغير طول جيب المعطيات بين 45 رمزاً و 78 رمزاً مما يسبب تعمية للخط التالي نتيجة التأخير.

النص المرئي

ينقل النص المرئي خلال فترة إطفاء الحقل، وهي بطول 25 خط، وهذه الفترة تحتلها رزم معطيات كل واحدة منها بطول 377 رمزاً. وتحمل الخطوط من 9 إلى 13 النص المرئي، في حين تحمل الخطوط من 1 إلى 8 عنوان الحامل الثانوي و معطيات التزامن. ينقل النص المرئي بلغة ASCII بحيث تشكل 40 حرف في كل خط، و تكون معطيات النص مشفرة.

التشفير

يولد مرمز B-MAC مخطط التشفير الذي يرتكز على نواة يمكن تغييرها كل ربع ثانية. نرسل مخطط التشفير في إحدى رزم المعطيات أثناء فترة إطفاء الحقل. وتشفر النواة التي تسمى أحياناً بالمفتاح كما تتغير المعطيات للمحافظة على السرية. إذ يمكن أن يقوم بالتشفير عامل النظام باستخدام لوحة المفاتيح للمرمز. ترسل النواة الجديدة لكل مشترك على حدة على شكل رزمة معطيات معنونة إفرادياً.

بما أن المرمز B-MAC يستخدم خوارزمية مخصصة، فمن الطبيعي أن يستخدم أيضاً دارة متكاملة خاصة. ولفك تعمية الصوت والنص المرئي، ينبغي على المخترقين أن يقوموا بهندسة عكسية وتصنيع الدارات المتكاملة، وهذه مهمة ليست سهلة التنفيذ.

الصوت

تنقل الأقنية الصوتية باعتماد نظام Dolby DeltalinkII[TM]؛ حيث تحتل كل قناة صوتية 13 عينة وخانة تحكم واحدة أثناء الفترة المخصصة لكل خط. وتتحكم الخانة بعرض الخطوة وبتخفيض الذروة. كل قناة تحتوي على خانتين لتصحيح الخطأ إضافة لخانة المشابهة Parity لفحص الأخطاء في كل كتلة معطيات. وتستخدم خانتان في كل كتلة لتأمين معطيات RS232. ويكون معدل معطيات الصوت 204 كيلو خانة في الثانية.

دراسة حالة MAC: EuroCypher

تعمية الفيديو: قص وتدوير مضاعف. حيث يتم قطع رزمة اللونية وتدويرها حول نقطة القص كما هو الحال في رزمة الإضاءة. وتستخدم عدة نقاط قطع لكل رزمة.

تعمية الصوت: يجمع الصوت الرقمي مع تتابع ثنائي عشوائي. يتم تهيئة (إعداد) البرنامج PRBS بكلمة نواة، تكون هذه الكلمة والبرنامج والمعطيات الأخرى مشفرة باستخدام خوارزمية DES.

لمحة تاريخية

إن EuroCypher هو الشكل الأوربي من Video Cypher ولكنه أفضل وثوقية لأنه يعتمد على تقنية أكثر حداثة. إضافة إلى أنه جرى تطويره كرد على اختراق Video Cypher، لذلك يحيطه الغموض التام.

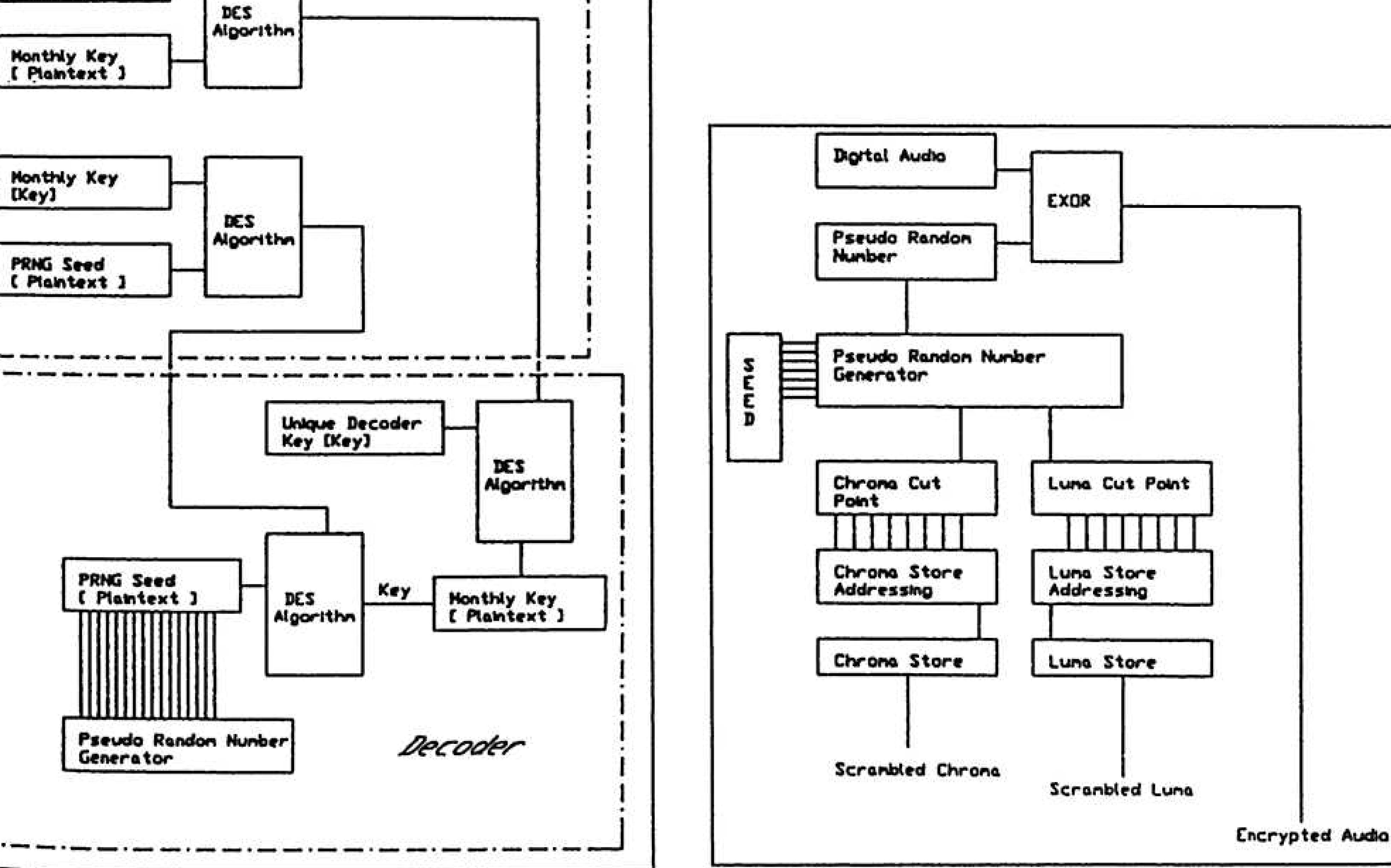
إن نظام الارسال EuroCypher هو D-MAC. وهذا يعني بأنه حتى في حالته غير المعماة فلا يمكن إظهاره بشاشة تعمل بنظام PAL. ولكي يتم التقاطه، يجب أن يكون الجهاز التلفزيوني مزوداً بدارة تحويل من MAC إلى RGB أو PAL وهذه العملية تسمى عادة Transcoder.

إن نظام D-MAC يسمح بنقل 16 قنال صوتية بجودة عالية، إضافة لإشارة فيديوية أفضل. وتكون مركبات اللونية والنصوع لإشارة الفيديو منفصلتان عن بعضهما البعض ومضغوطتان زمنياً. يتم ارسالهما بالتتابع بعد ذلك مع المعلومات الرقمية للصوت. هذه المعلومات تحتل الجزء الأعلى من الخط وهو الجزء الذي كان يفترض أن يخصص لفترة الإطفاء الأفقي للخط في نظام PAL، ويتم ضغط معلومات اللون فيما بعد و يستمر ذلك لفترة 17 ميكرو ثانية، وتتبعه رزمة النصوع بطول 35 ميكرو ثانية. يستخدم في نظام EuroCypher نوعين من التعمية: تعمية الفيديو بالقطع والتدوير المضاعف وأيضاً التعمية بتشفير الصوت. إذ يتم قص وتدوير اللونية و الإضاءة في نقاط منفصلة لا تربطها أية علاقة. وهناك 256 نقطة قطع في كل رزمة، ويستخدم مولد أعداد عشوائية 16 خانة لتشكيل نقاط القطع على كل خط.

إن القطع والتدوير المضاعف ضروري في نظام MAC. حيث يمكن نظرياً العمل خارج نقطة القطع في إشارة اللون وذلك بمقارنة إشارة اللون المعماة مع إشارة مشتقة من إشارة الإضاءة غير المعماة. انظر الأشكال (20-7 و20-8).

تعمية الصوت

الصوت مشفر رقمياً، حيث يتم تحويل الصوت إلى إشارة رقمية أولاً، ومن ثم يتراكب مع مولد أعداد عشوائية PRNG يماثل تماماً المولد في كاشف الترميز. وتكون الكلمة النواة مشفرة باستخدام خوارزمية DES. وهناك مفتاح شهري لعملية التشفير هذه، حيث يتغير المفتاح مع نهاية كل شهر. ويرسل المفتاح الجديد بعدئذٍ إلى كاشف الترميز باستخدام المفتاح الخاص به، وهذه الإمكانية تتيح لمالكي النظام وقف تشغيل كواشف الترميز التي لم يدفع المشتركون فيها رسوم الاشتراك.



شكل 20-8. مرمز فيديو وصوت BSB. يوضح كيف يتم توليد نقاط القطع لإشارة اللونية والنصوع. إنه يستخدم أيضاً لتشفير المعطيات الرقمية للصوت.

شكل 20-7. بنية تشفير وكشف تشفير BSB. هذا شكل مبسط، و لكن فعلياً تكون البنية أعقد ومضمونة تماماً. يستخدم هذا النظام تقنية تحكم الوصول المستخدمة في الـ EuroCypher.

D2-MAC

إن نظام D2-MAC هو أحد أشكال MAC التي وجدت صدى واستجابة في معظم البلدان الأوربية (انظر الشكل 20-9 والجدول 20-2). إن لهذا النظام المزايا المعروفة لأنظمة MAC، إذ تمكن من ارسال الصوت الرقمي والمعطيات الأخرى، وتحسن من نسبة إشارة اللون إلى الضجيج. وكذلك تزيل التشوهات الناتجة عن تداخل إشارات اللونية والنصوع. من المزايا الرئيسية لهذا النوع مقارنة بالنظام D-MAC بأنه يقع ضمن عرض الحزمة المخصصة لإشارة النظام PAL والتي تنقل عبر الكبل الأرضي، حيث تكون الإشارات التمثيلية للفيديو و الإشارات الرقمية للصوت والمعطيات قد تمت معالجتها بالتقسيم الزمني في محطة الارسال قبل تعديلها على حامل RF. ومع ذلك فإن D-MAC يسمح بنقل 16 قنال صوتية عالية الجودة في حين ينقلD2-MAC ثمانية فقط.

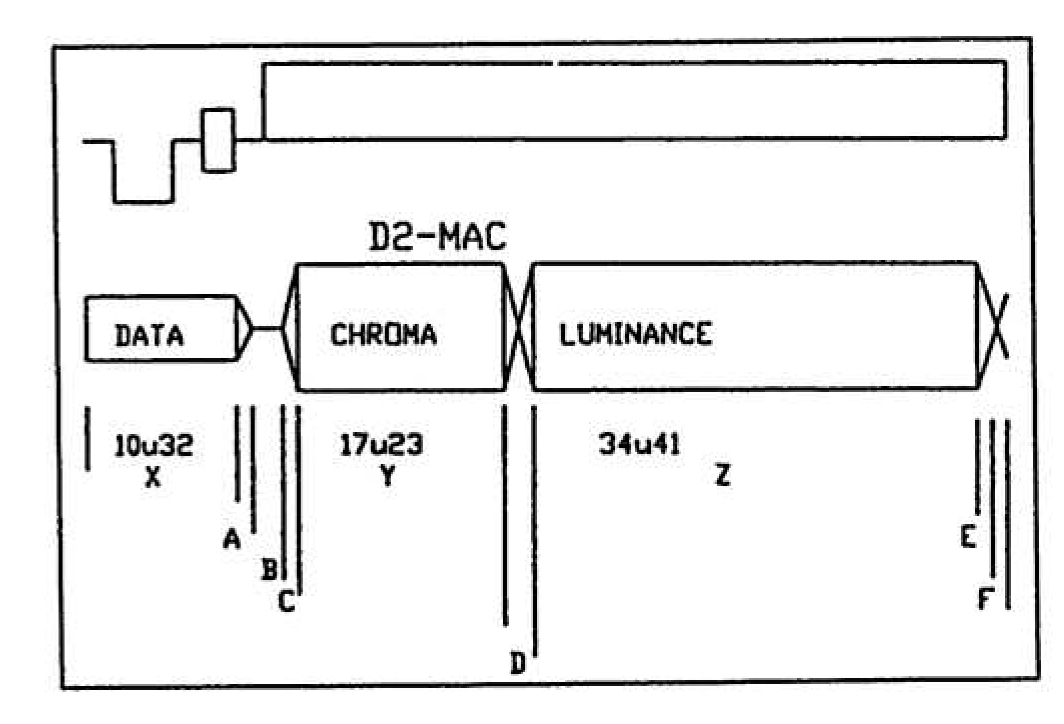
في العديد من البلدان الأوربية تتوزع شبكة نواقل في معظم مدنها، إذ تعتمد عل الكابل لنقل الارسال أكثر من الارسال الهوائي المباشر ولهذا يعود القبول المتصاعد لنظام D2-MAC في هذه البلدان.

يحتاج D2-MAC إلى عرض حزمة للقنال بحدود 8 ميغاهرتز وذلك بسبب احتوائه على ترميز Duo-Binary وتقسيم زمني متعدد Multiplexing. ويمكن الوصول إلى معدل معطيات لحظي 10.125 ميغاخانة كل ثانية. كذلك فإن عرض حزمة النصوع يساوي 4 ميغاهرتز أما عرض حزمة اللونية فيساوي 1.6 ميغاهرتز.

إن D2-MAC يعتمد على التعمية بطريقة القطع والتدوير المضاعف وهي الوسيلة المعتمدة في D-MAC. وهو يسمح أيضاً بتشفير الصوت الرقمي كما هو الحال في D-MAC (انظر الأشكال 20-10، 20-11 و20-12).

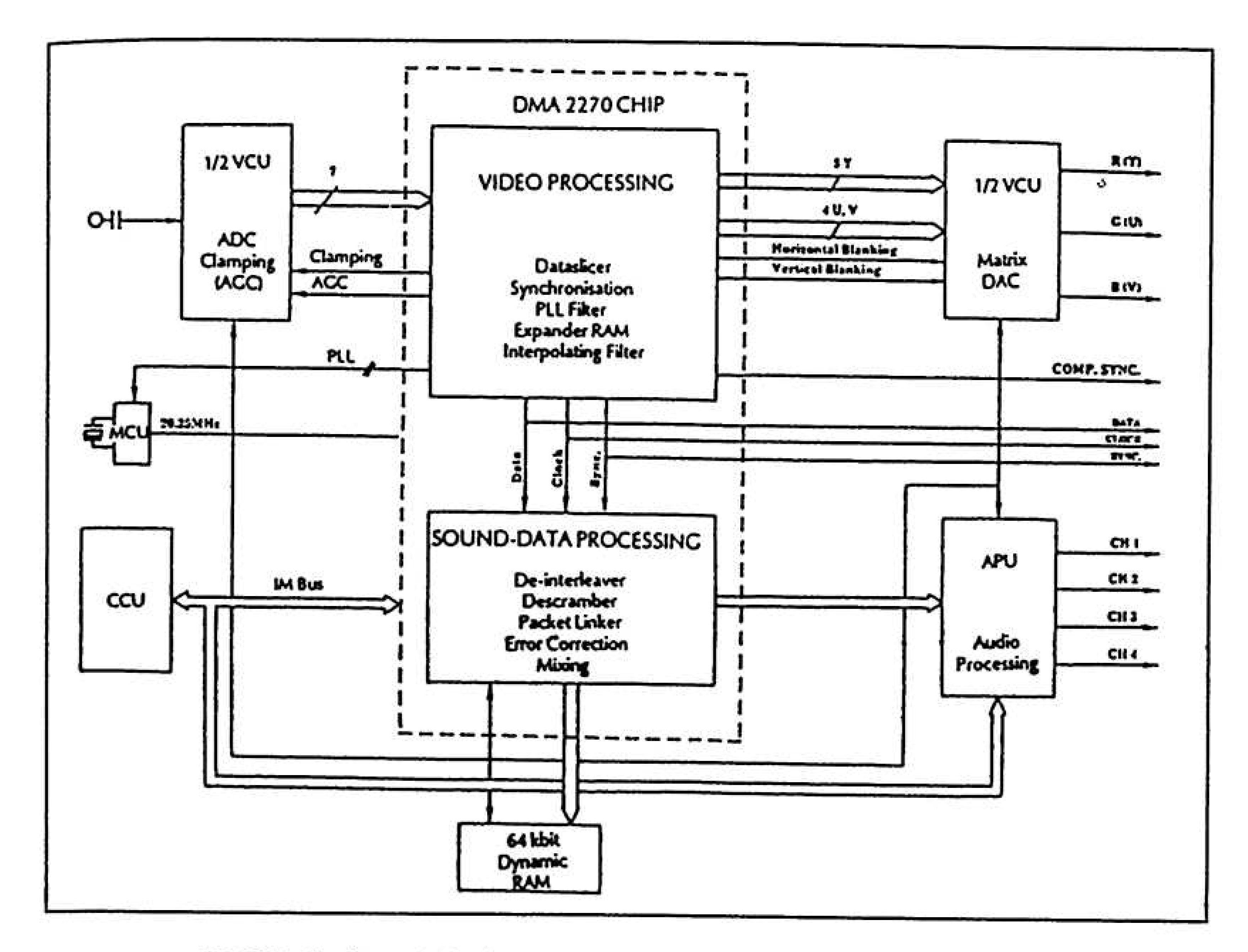
عدد الخطوط في الإطار	625
خطوط مع معطيات	1 إلى 615
خطوط مع إشارة فيديو	24-310. 336 إلى 622
خطوط مع إشارة إضاءة (Y)	كل خط
خطوط مع إشارة لونية	U في الخطوط الفردية. V في الخطوط الزوجية
نسبة التداخل	1:2
نسبة الطول إلى العرض	3:4 (3:5 ,33)
معدل ضغط الإضاءة/اللونية	1:3/2:3
تردد الساعة لأخذ العينات	20.25 ميغاهرتز
عدد العينات في كل خط	1296
عدد عينات اللونية/الإضاءة	697/349
معدل الخانات اللحظي	10.125 ميغاهرتز
عدد الخانات في حزمة المعطيات	105 خانة 6 للتزامن الأفقي 99 للمعطيات
الخط 624	105 خانة بالإضافة للمرجع التمثيلي
الخط 625	648 خانة معطيات 6 للتزامن الأفقي 32 للساعة 64 للتزامن الشاقولي 546 للتعرف على القنال

جدول 2.20 خصائص D2-MAC.

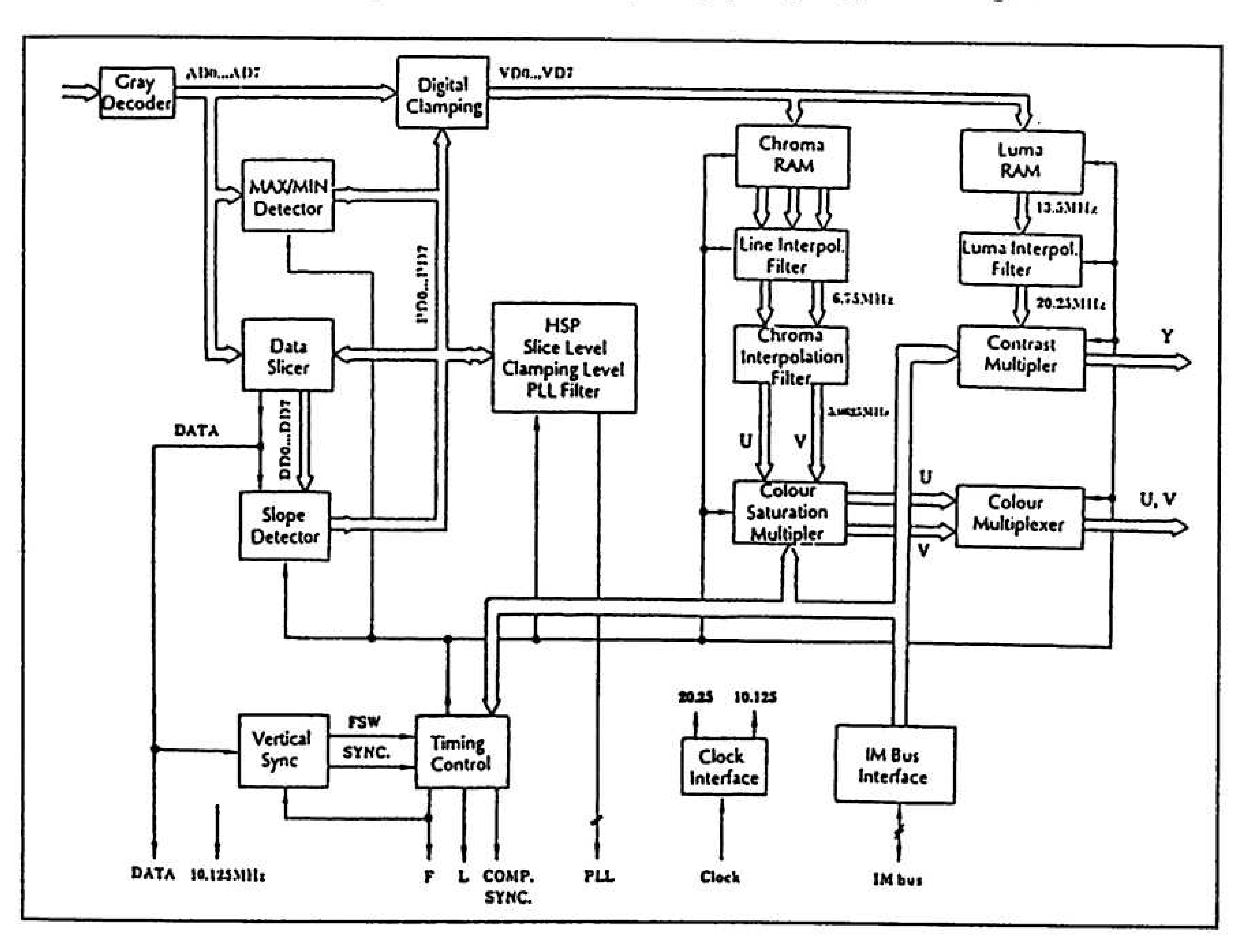


شكل 20-9. شكل الإشارة الفيديوية في نظام D2-MAC. يبين هذا الشكل بان نظام D2-MAC يختلف عن D-MAC لأنه يحمل اربع اقنية صوتية فقط، في حين ينقل الأخير ثمانية. يمكن نقل D2-MAC عبر شبكات ارضية تعمل بنظام PAL، بينما لا يسمح D-MAC بذلك.

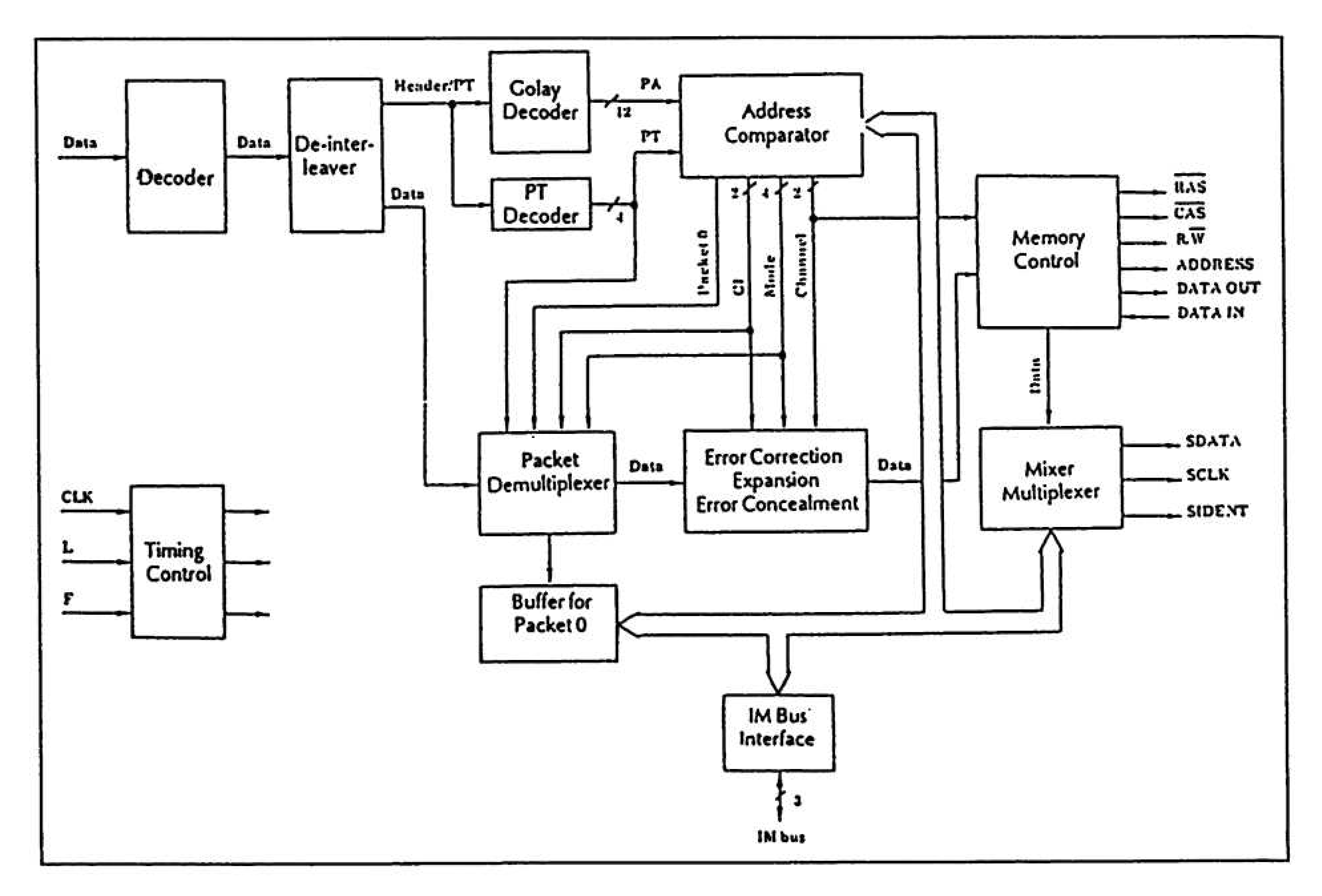
X - معطيات – 209 نبضة ساعة – 10.32 ميكرو ثانية.
A - الانتقال من المعطيات – 4 نبضات ساعة – 197.53 ميكرو ثانية.
B - فترة الربط – 15 نبضة ساعة – 740.74 ميكرو ثانية.
C - الانتقال الفعال إلى اللونية – 10 نبضات ساعة – 493.82 ميكرو ثانية.
Y - اللونية – 349 نبضة ساعة – 17.23 ميكرو ثانية.
D - الانتقال الفعال إلى الإضاءة – 5 نبضات ساعة – 246.9 ميكرو ثانية.
Z - الإضاءة – 697 نبضة ساعة – 34.419 ميكرو ثانية.



شكل 20-10. مستقبل أقمار فضائية يستخدم DMA2270 IC لكشف الترميز للنظام D2-MAC.



شكل 18-11. كتلة الفيديو لكاشف الترميز - للدارة المتكاملة DMA2270.



شكل 20-12. كتلة الصوت لكاشف الترميز - للدارة المتكاملة DMA2270.

نظام الترميز Duobinary

هو نظام بسيط نسبياً لترميز المعطيات المستخدمة في الأنظمة D-MAC وD2-MAC. إنه يسمح بجعل تصميم كاشف الترميز سهلاً للغاية. وهو نظام يحمل المعطيات في الإشارة الأصلية على مستوى لموجة ذات ثلاثة مستويات. وهذا الشكل الشبيه بالتشابهي يعني بأنه يمكن تعديل الموجة ترددياً لأغراض الارسال التلفزيوني عبر الأقمار الفضائية مصحوبة بإشارة رقمية MAC. إن السيئة في نظام C-MAC، أنه كان يتطلب الجزء الفيديوي من الخط ليتم تعديله ترددياً، وجزء المعطيات ليتم تعديله بأسلوب 2-4PSK. و هذا يعني بأن هناك حاجة لكاشفي تعديل وتعقيداً في دارات الترميز.

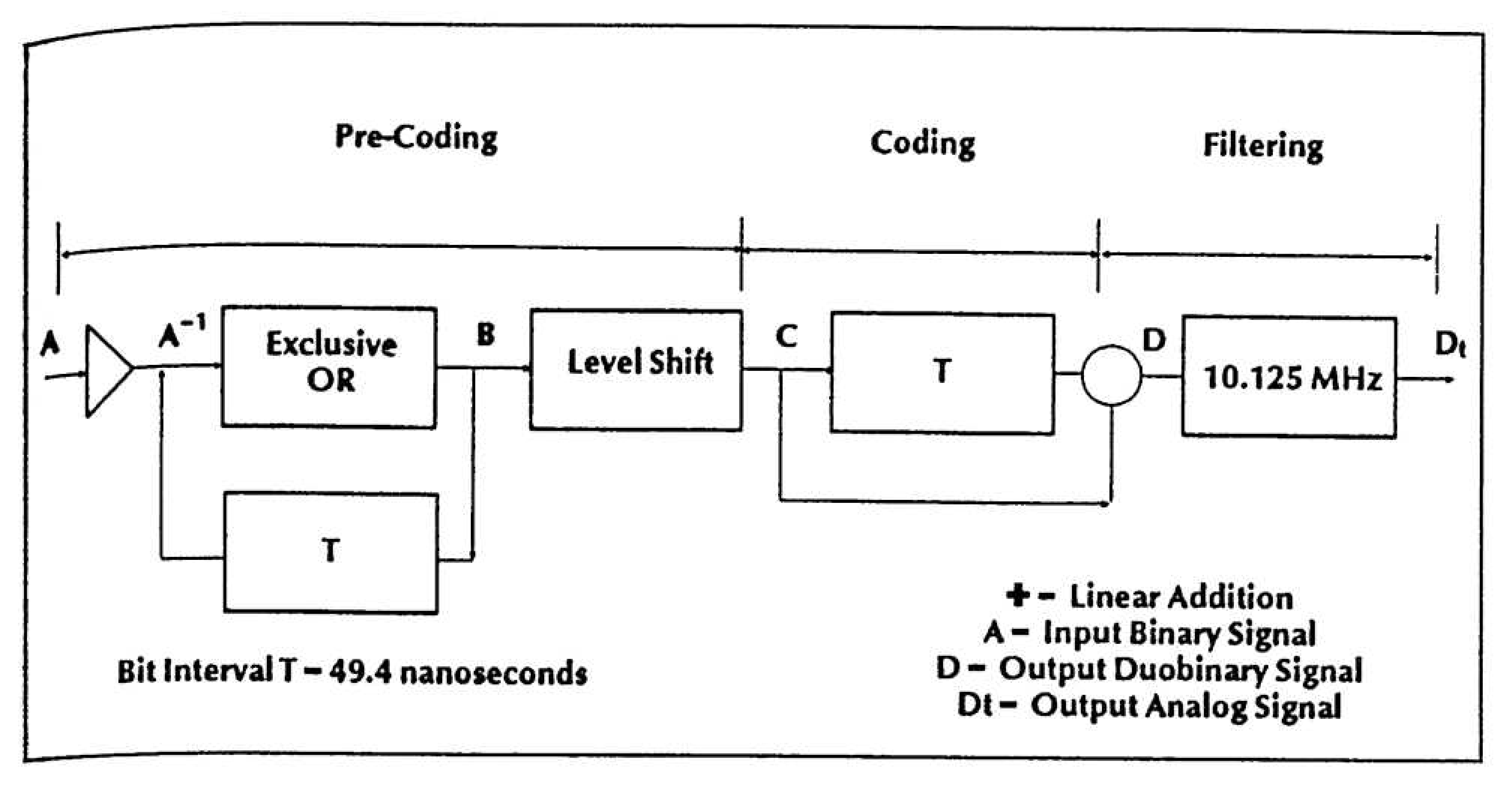
في نظام D-MAC يوجد 209 خانة لمعطيات الصوت في كل خط، وفي نظام D2-MAC هناك 105 خانة فقط.

يمكن اعتبار المرمز Duobinary على أنه مشكل من ثلاث مراحل. وتتم عملية الترميز بمزج التقنيات الرقمية مع تقنية الصوت (انظر الأشكال 20-13 و 20-14).

تكون الخطوة الأولى بترميز أولي لتدفق الخانات Bit Stream؛ حيث يجري عكسها. وكل خانة تدخل إلى دارة EX-OR مع الخانة التي تسبقها مباشرةً وتغذي الخانات الجديدة دارة إزاحة مستوى لينشأ عنها مستويين للخانات 1+ و1- .

الجزء الثاني يشكل المرمز، حيث تتعرض الخانات إلى تأخير بمقدار خانة واحدة وتضاف إلى نفسها خطياً. ينتج عن ذلك إشارة ذات مطال يتم تحديده بحيث لا يتجاوز المستوى الأعظمي لإشارة الفيديو.

المرحلة الأخيرة هي مرشح تمرير منخفض. وهذا ضروري لمنع تشكيل توافقيات من تدفق الخانات. والسبب الآخر لوجود المرشح، هو تضييق عرض الحزمة المطلوب للصوت ورزم المعطيات لنظام D2-MAC ليكون بحدود 5.026 ميغاهرتز. في نظام D-MAC، يقوم المرشح بتحديد عرض الحزمة المخصص للصوت ورزم المعطيات إلى 10.5 ميغاهرتز تقريباً. إن مستويات الإشارة المرمزة هي 0.4+ ، 0 ، 0.4- فولت ويمثل المنطق 1 الجهدان 0.4 و 0.4- فولت، في حين يمثل المنطق 0 الجهد 0 فولت. إن عمل كاشف الترميز لنظام Duobinary سهل للغاية، و هو يتألف من مقارنين، بوابة EXOR وبوابة عاكس. يتم تغذية الإشارة المرمزة Duobinary إلى المقارنين، حيث يقوم أحدهما بقطع الإشارة ذات المستوى الأعلى، ويقوم الآخر بقطعها حين تكون في المستوى الأدنى، ومن ثم يوصل خرج المقارنين إلى بوابة EXOR التي يعكس خرجها بعد ذلك للحصول على الإشارة الأصلية. إن استخراج المعطيات يتم بواسطة دارة متكاملة وليس بدارات ذات عناصر منفردة.



شكل 20-13. تحويل المعطيات الثنائية إلى معطيات Duobinary ذات ثلاث مستويات. إن أشكال الإشارات للرموز من A إلى D ممثلة في الشكل 20-14.

نظام مستوى الحماية Mc Cormac

هذه الفقرة هي محاولة لوضع حماية الأنظمة في إطار منسق. إذ أنه من الصعب قياس وثوقية نظام معين بالمقارنة مع الأنظمة الأخرى، ويزعم المصنعون دائماً بأن حماية أنظمتهم هي الأفضل.

يعتمد نظام مستوى الحماية Mc Cormac على ثلاثة مناطق في النظام وهي تعمية الفيديو، تعمية الصوت وتعمية نظام تحكم الوصول. إن كل خاصة من خصائص النظام تقترن بترميز معين، الأول حرف والثاني رقم، ويدل الحرف على نوع التعمية فهو (D) للتعمية الرقمية و(A) للتعمية التشابهية.

الجزء الآخر من الترميز هو رقم يأخذ القيم من 1 إلى 9، وكلما كان الرقم أصغر كلما كانت حماية النظام أضعف. إن نقطة الكسر على التدريج هي الرقم 5. فعند هذه النقطة؛ ينبغي أن تكون دارة كاشف التعمية مطابقة للكاشف النظامي. ومن الرقم ثلاثة إلى واحد، لا يمكن استخدام سوى كاشف التعمية النظامي. وفي هذه الحالة يكون من غير المجدي اقتصادياً تقليد كاشف التعمية، ولكن من أجل معدل أعلى من خمسة، يكون ممكناً اعتماد دارات بديلة عن دارات الكاشف النظامي.

تعمية الفيديو

إن درجة الأمان لنظام تعمية الفيديو تتدرج من 1 إلى 9 (انظر الجدول 18-3a). كلما كان الرقم أعلى كلما كانت الحماية أقل؛ ومتى زاد عن خمسة، كان ممكناً عندئذٍ تصميم كاشف تعمية يكون بديلاً للكاشف النظامي والذي لا بد من اعتماده من أجل قيم أدنى من خمسة. وعندما يزيد الرقم عن 7 فذلك يعني بأن نظام التعمية مخترق بشكل كامل وينبغي إعادة النظر في جدوى استخدامه.

تعمية الصوت

يقوم تدريج أمان الصوت أيضاً على قاعدة الأرقام من 1 إلى 9، وتنطبق ذات الاعتبارات في تعمية الفيديو والتي ذكرت آنفاً.

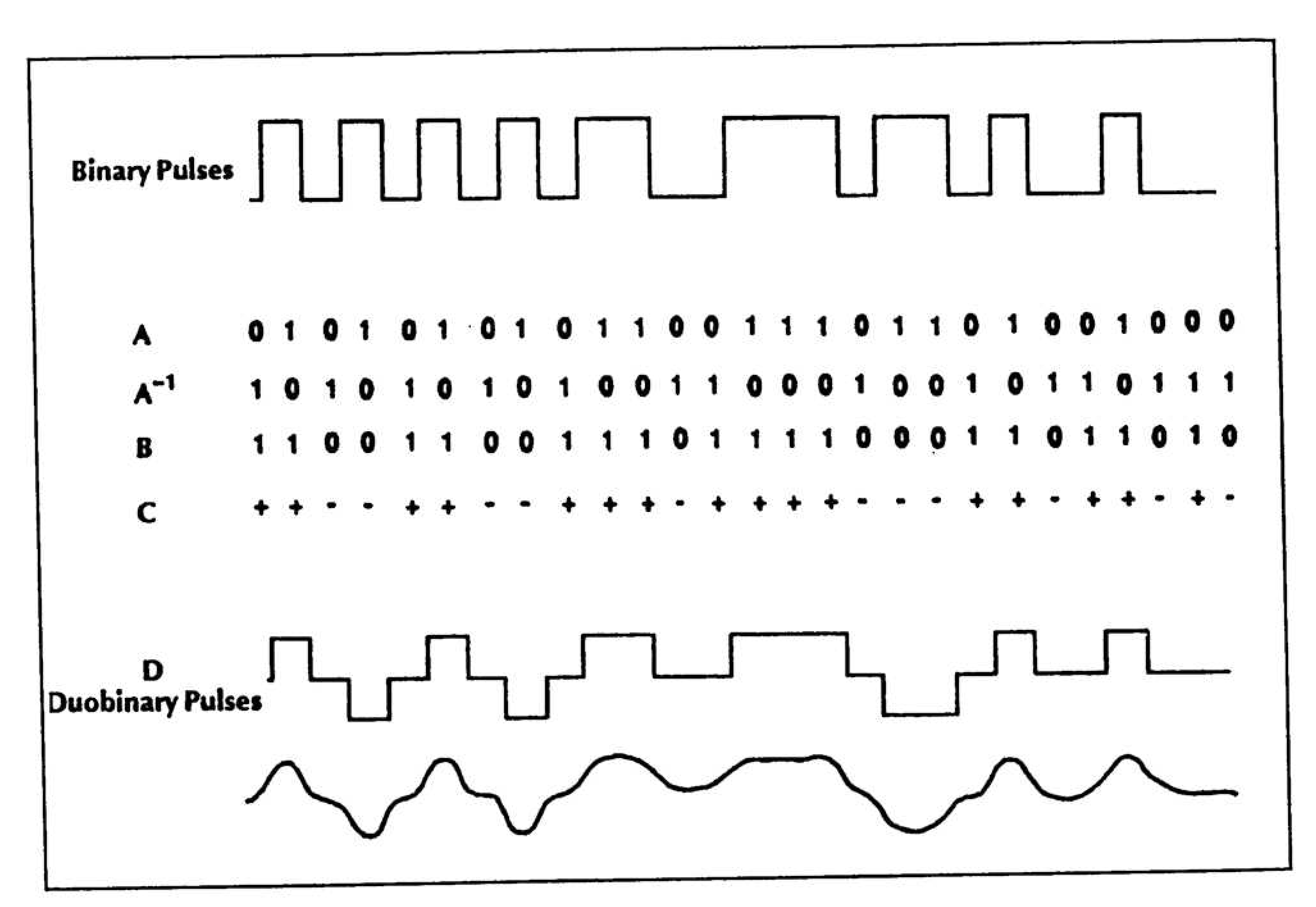
الأحرف:
A: تشابهي.
D: رقمي.
الأرقام:
1- محمي تماماً حتى تاريخه.
2- جيد الحماية.
3- هناك هندسة عكسية كاملة للنظام.
4- اختراق لكاشف التعمية باستخدام دارة خارجية.
5- هناك حاجة لكاشف تعمية نظامي من أجل تسهيل عملية الاختراق
6- مطلوب هندسة عكسية لجزء من كاشف التعمية النظامي.
7- كاشف التعمية النظامي أكثر تعقيداً ولكنه قابل للاختراق.
8- سهل الاختراق.
9- مخترق تماماً.

جدول 20-3a. نظام مستوى الحماية Mc Corma للفيديو وللصوت.

نظام تحكم الوصول

تعتمد رموز الحماية لنظام تحكُّم الوصول على نفس مبدأ التدريج (انظر الجدول b3-20). في هذه الحالة، يدل الحرف على تحكم الوصول التحكم المستخدم فالحرف (O) يرمز إلى التحكم المباشر بالارسال الهوائي الأرضي والنظام الذي يعتمد فقط على بطاقة Smart يرمز له بحرف (S) وحين يمكن التحكم بالوسيلتين معاً يرمز لنظام التحكم بالحرف D.

حين يتم اختراق نظام الفيديو والصوت المعمى، لا توجد حاجة لاختراق نظام تحكم الوصول وهذه هي حالة نظام التعمية Discret. من الطبيعي أن يكون العكس صحيحاً أيضاً فمن الممكن أن يكون للفيديو والصوت المعمى درجة عالية من الوثوقية ويكون نظام التحكم قد تم اختراقه تماماً.



شكل 20-14. التحويل من شكل إشارة بالترميز الثنائي إلى الترميز الثلاثي وبالعكس. في الشكل 20-13 يُعطى المخطط الصندوقي لهذه الطريقة في التعمية.

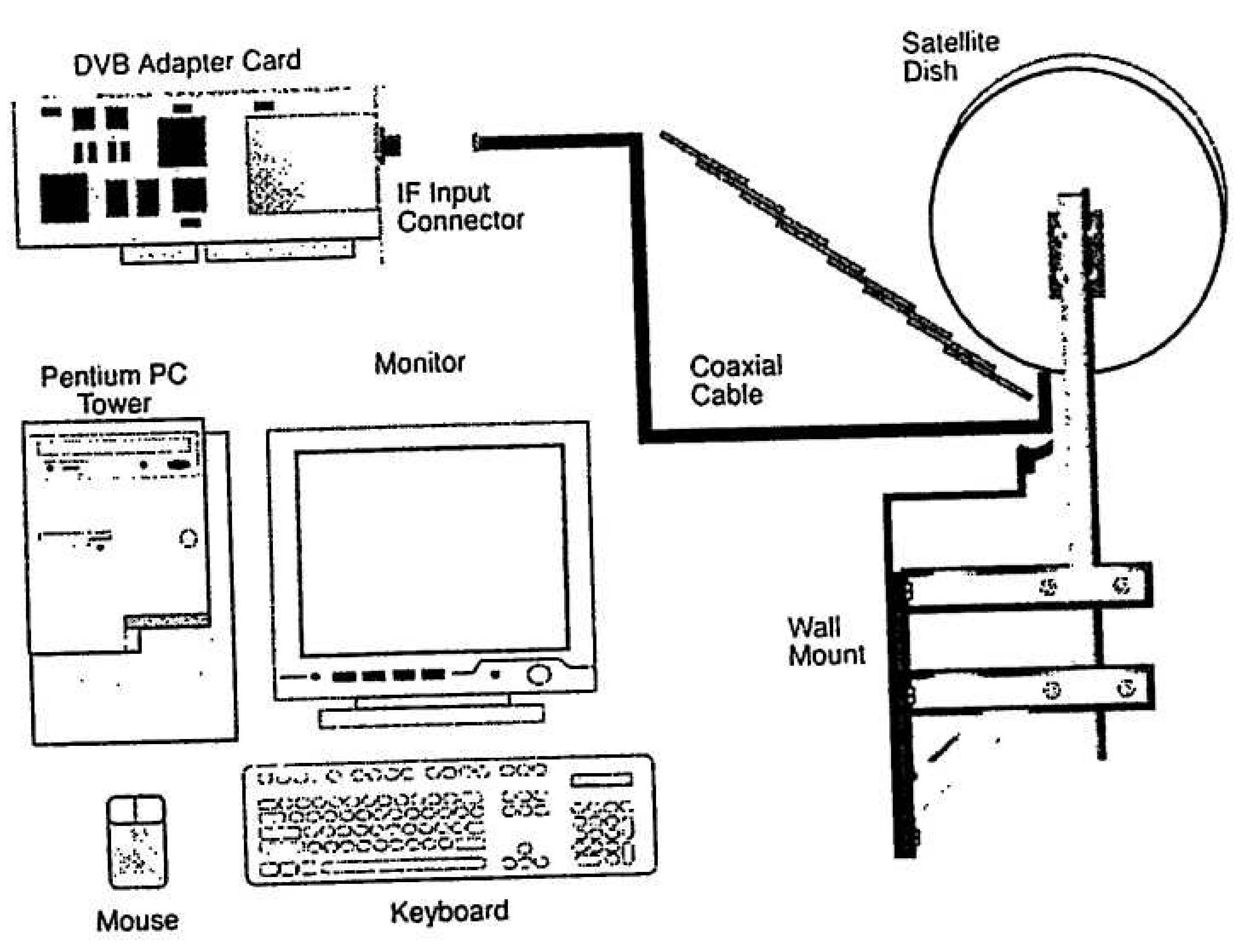
21

شبكة الإنترنت والأقمار الاصطناعية

إن الالتقاء بين تقنية الأقمار الاصطناعية و الانـترنت هـي أخذ أهم و أمتع مظـاهر التطور في مضمـار ثـورة الاتصـالات اليوم. لقد برهنت التوابع الصنعيـة علـى مقدرتهـا بـأن تكـون وسيطاً عالي الفاعلية لإيصال المعلومات بمستوى عالي التدفق إلى أي نقطة من العالم.

إن الوسيط المتعدد المهام multimedia الذي تحققه الأقمـار الصنعية يشترك بمزايا متعددة مع المجموعات bouquets التي تقـوم بنقل الإشـارات التلفزيونيـة للمنـازل، فيمكـن أن تشـترك عـدة خدمات على حامل واحد، ومن المزايا أيضاً، إمكانية اسـتخدام عرض حزمة محدد لنقل معلومات خاصـة، وبالاستعانة بعنـوان معين يمكن إيصال هذه المعلومات إلى نهاية مشترك، كما يمكـن تشفيرها لحجبها عن من لا يملك الترخيص باستقبالها.

تعتمد جميع أنظمة الأقمار الفضائية/الانترنت على نمط النقـل غـير المتزامن (ATM) Asynchronous Transfer Mode؛ و الـذي يستخدم وصلة موديم ذات سرعة منخفضة (أقل من 56 k baud) من أجل طلب المعلومات من المشترك، و قنال فضائيـة ذات سـرعة عالية لإيصـال المعلومـات المطلوبـة لـه. فمثـلاً، تكـون سـرعة نقـل المعطيات 400 kb/s عـبر الأقمـار الفضائيـة و هـذا يزيـد عـن ثلاثـة أضعاف سرعة Integrated Services Digital Networks (ISDN) و 14 ضعف عن سرعة الموديم 28.8 baud. يستعمل المشتركون عادة خط الهاتف الأرضي لإجراء الوصلة مـع الموديـم، بينمـا تتحقـق الوصلـة الصاعدة من قرص صغـير للأقمـار الصنعيـة و بطاقـة ملاءمـة علـى حاسوب شخصي (شكل 21-1) التي يتم إدخالهـا في أحـد بوابـات التوسع للحاسوب، و تكون الحزمة الترددية للتابع الصنعي ليسـت حصراً لمستخدم وحيد، بل مشتركة مع جميع المستثمرين للنظام.



شكل 21-1 مخطط صندوقي لمحطة عمل متعددة الوسائط مع نقل معلومات بالتابع الصنعي

أنظمة DIRECPC و DIRECDUO

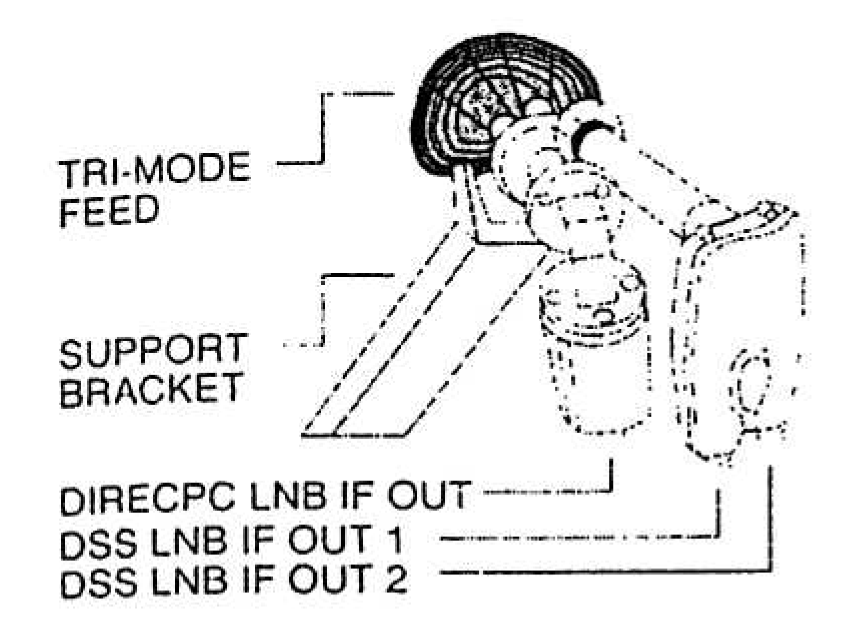
في عام 1995 ، أدخلت شركة Hughes نظامها DIRECPC (http://www.direcpc.com) الذي يؤمن للمشتركين في أمريكا الشمالية تفريغ الرسائل down loads من الشبكة العنكبوتية web. و في أوروبا استخدمت Hughes olivetti telecom العنوان http://www.direcpc.co.UK على التابع الصنعي Hot bird3 الموجود عند خط الطول 13درجة شرقاً لتأمين خدمات Direcpc في أوروبا، أفريقيا والشرق الأوسط حيث يقدم Hot bird3 حزمة إشعاع عريضة تغطي أوروبا الغربية و الوسطى و الشرقية، إضافة للشرق الأوسط و شمال أفريقيا. في أوروبا الغربية يمكن للمشتركين استقبال الانترنت و منوعات البرامج التلفزيونية والراديو و ذلك باستخدام قرص هوائي لا يتجاوز قطره 60 سم.

في عام 1997، أطلقت شركة HNS نظام متعدد الوسائط DirecDuo (http://www.direcDuo.com)، يعطي للمشتركين في أمريكا إمكانية للدخول إلى إنترنت عالية- السرعة، وكذلك الدخول إلى خدمة الاستقبال المباشر للبث التلفزيوني الرقمي DTH TV التي تصل إلى المنازل ودلك باستخدام قرص هوائي ثابت واحد.

يمكن لنظام الاستقبال DirecDuo تأمين خدمة إنترنت بسرعة 400Kb/s من DirecPC وخدمة الأقنية التلفزيونية الرقمية الفضائية (Digital Satellite System (DSS و يتألف هذا النظام من ثلاثة عناصر أساسية: بطاقة ملاءمة DirecPC تتوضع في الحاسوب الشخصي للمشترك، مستقبل DSS يتم وصله إلى جهاز التلفزيون، ووحدة خارجية يتم تركيبها على السطح أو في فناء البناء أو على جداره.

تتضمن الوحدة الخارجية قرص هوائي ذو أبعاد 36× 20 بوصة له شكل إهليلجي مزود بمغذي خاص منخفض الضجيج LNF (شكل 21-2) ، بالإضافة إلى الحامل. لقد طورت شركة Hughes للشبكات هوائي ثابت قادر على استقبال إشارات من قمرين اصطناعيين بنفس الوقت، إذ أرفق بالهوائي مغذي منخفض التردد (LNF) ذو ثلاث أنماط "Tri-mode" يمكنه التقاط نوعين من الاستقطاب من نظام فضائي رقمي (DSS) في المجال الترددي 12.2 12.7 جيغاهرتز و اتجاه واحد للاستقطاب من تابع صنعي يعمل في مجال الطيف الترددي من 11.7 و حتى 12.2 جيغاهرتز.

يتطلب تشغيل نظام DirecPC برمجيات مساعدة وحاسوب شخصي متوافق مع IBM مجهز بمعالج بنتيوم و يحتوي على برامج Windows NT 4.0 أو Windows 95/98 و ذاكرة RAM ذات سعة 16 MB على الأقل، و 20 MB فارغة على القرص الصلب، إضافة لموديم ذو سرعة أكبر أو تساوي 9600baud، و اشتراك بخدمات انترنت (جدول 21-1). لا يعمل مع نظام DirecPC حواسيب أخرى مثل Unix أو Macintoch.



شكل 21-2 مغذي ثلاثي الأنماط DirecDuo مع وحدتين LNB.

نظام:	Windows 95 /98 ; Windows NT 4.0
حاسوب:	معالج بنتيوم 90 ميغاهرتز على الأقل
ذاكرة RAM:	16 ميغابايت لنظام 95/98 Windows. 32 ميغابايت لنظام NT4.0
قرص صلب:	20 ميغابايت مخصصة للتطبيقات
موديم:	9.6 K baud و يطلب 28.8 K baud

جدول 21-1 المتطلبات الأدنى لنظام DirecPC.

يتطلب تشغيل نظام DirecPC برنامجاً خاصاً لعرض الانترنيت، وقد اتفقت شركة Hughes و Microsoft على تطوير برمجيات عرض، Netscape Navigator و Internet Explorer ، ويختار المشترك أحد البرنامجين وهو متأكد من جودة أداءهما لأنهما متلائمان مع نظام DirecPC.

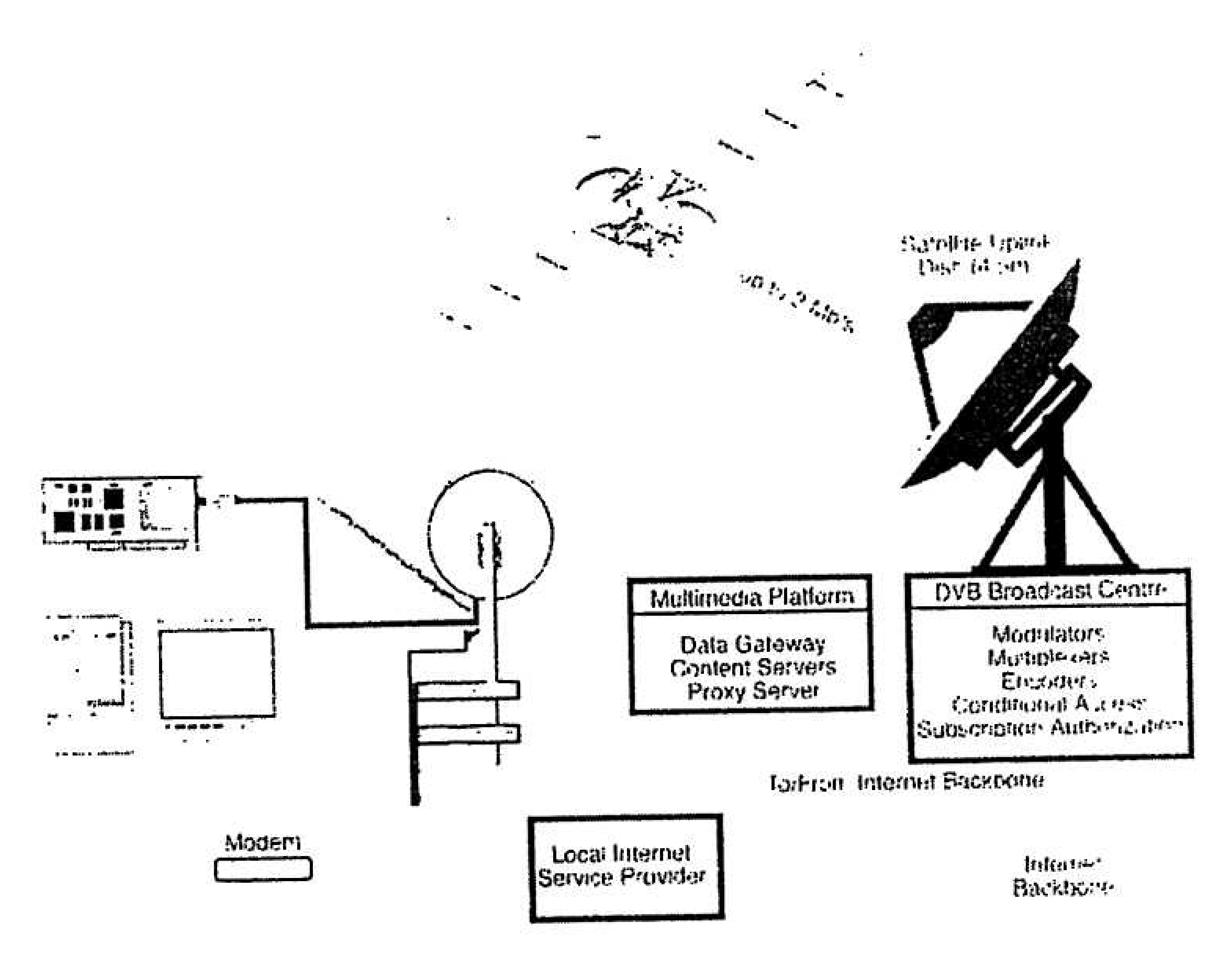
يملك جميع المشتركين في نظام DirecPC حق الوصول إلى الانترنيت من خلال (Internet Service Provider (ISP، والشركة أو المؤسسة هي التي تؤمن الوصلة المحلية مع شبكة الانترنيت سواءً بخطوط أرضية أو بوصلة رقمية. وهناك إمكانية للاشتراك بعدد غير محدود من الساعات أو لساعات معدودة في الشهر. ويمكن للمشتركين حجز (ISP) خاص بهم واستلام قسيمة مدفوعة القيمة من DirecPC.

تنصح شركة Hughes المشتركين بضرورة إجراء التركيب -خاصة الخارجي- من قبل فني متمرس، وهذا يوفر فرص عمل مناسبة للمحترفين.

خدمات DirecPC

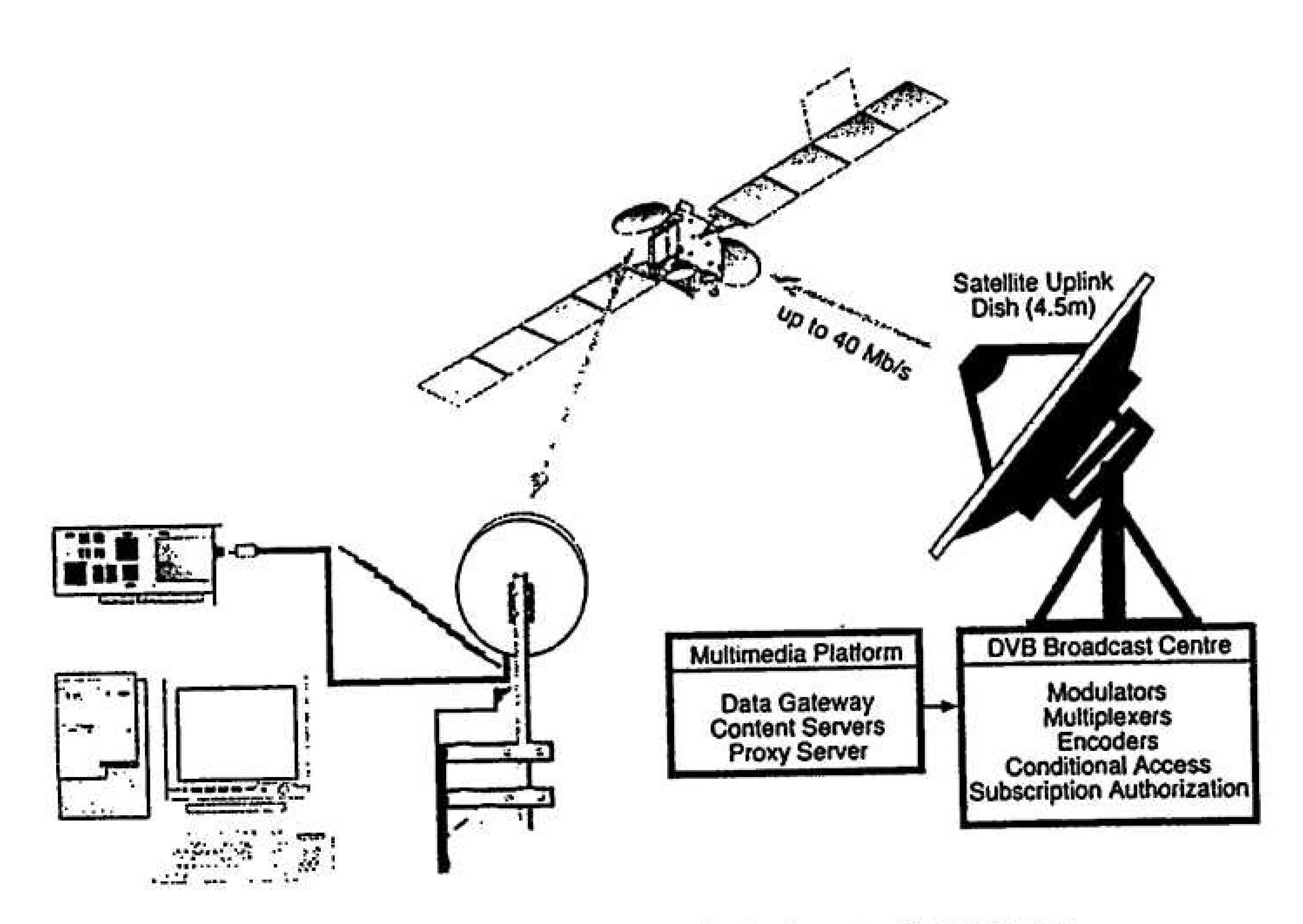
تقدم شركة Hughes خدمات مختلفة للمشتركين في DirecPC و DirecDuo. فهناك خدمة يوفرها Turbo انترنيت يسمح بالتخاطب في اتجاهين مستخدماً وسائل العرض التي يمنحها Navigator أو Explorer Web لتأمين المعلومات المطلوبة عبر وصلة موديم إلى خط هاتفي عادي، ويقوم DirecPC باستقبال الطلبات في مركز العمليات لديه، ومن ثم يحصل على المعطيات

من البوابة IP الخاصة به إلى الشبكة Web، ويرسل المعطيات إلى المشترك عبر وصلة التابع الصنعي. وتسمى هذه بنمط سحب المعطيات"pull mode" (شكل 21-3). يستخدم هذا النوع من الأنظمة عادة لتأمين وصل المشتركين بمواقع الشبكة للصحافة والبرمجيات Software. وهناك الإنترنيت السريعة Turbo التي تؤمن الدعم للإمكانيات الأخرى للإنترنت والتي تتضمن خدمة ربط النصوص Gopher، بروتوكول نقل الملفات (FTP)، البريد الإلكتروني e-mail وشبكة الاستثمار Usenet.



شكل 21-3 نظام متعدد الوسائط عالي السرعة بنمط السحب "pull mode"

تقوم شركة HNS أيضاً بإرسال محتويات متعددة الوسائط multimedia إلى مشتركيها في ما يسمى بنمط دفع المعطيات "pull mode"(شكل 21-4). وهي مسؤولة عن اختيار المحتويات. لذلك لا حاجة لوجود وصلة إعادة.



شكل 21-4 نظام متعدد الوسائط عالي السرعة بنمط الدفع "push mode"

يستطيع المشتركون بخدمة DirecPC وبالاعتماد على Turbo webcast الانتقاء من قائمة لأكثر المواقع شهرة على الإنترنيت، ونقل هذه المواقع آلياً إلى القرص الصلب لديهم بواسطة وصلة فضائية عالية السرعة. ولأن المعلومات تنقل مباشرة إلى الحواسيب الشخصية لذلك يصبح الوصول إليها لحظياً. وهناك ميزة إضافية، وهي أن عملية نقل المعلومات تتم فقط عبر قرص الهوائي في DirecPC، وبذلك يبقى الخط الهاتفي للمشترك شاغراً لمكالمات منزلية أو لأعمال تجارية.

يسمح Turbo Newscast للمشتركين بنظام DirecPC باختيار موقع أخبار من أكثر من 30 ألف Usenet Newsgroups والحصول على ما تحتويه هذه المواقع آنياً على القرص الصلب عن طريق وصلة التابع الصنعي، ومن جديد يبقى الخط الهاتفي حراً.

يتم الوصول إلى برامج Turbo Webcast و Turbo Newscast من خلال دليل برمجي إلكتروني (EPG) يعمل كوسيط Interface سهل الاستخدام من أجل تأمين جميع خدمات DirecPC إذ يسمح EPG للمشتركين باختيار مواقع Web ومجموعات الأخبار التي يرغبون الاشتراك بها، وبذلك يتم استقبال المعلومات الهامة والاحتفاظ بها على ذاكرة الحاسوب الشخصي تحت سيطرة المستخدم.

يستفيد Turbo Webcast و Turbo Newscast من المزايا التقنية لنحزم العريضة بتوزيع المعلومات على المشتركين في DirecPC عبر الولايات المتحدة، ففي حال Turbo Webcast، يقوم القمر الفضائي DirecPC بتوزيع كمية هائلة من المعلومات الرقمية ولمرة واحدة على الأقل يومياً على كافة المشتركين ويلتقط كل حاسوب شخصي في الولايات المتحدة الأقنية المختارة والتي سبق الاشتراك بها من خلال Web Cast. وتضم براجماً للأطفال والكبار، وقنال للأعمال التجارية وبرامج أخرى تلفزيونية.

كل قنال من Turbo Webcast تحتوي على جزء (من 10 إلى 30 ميغابايت) من محتويات موقع Web الأساسية. وجميعها مخفية. إذا ما نقر المستخدم على Link ضمن موقع Webcast غير المختفي فإن البرنامج Turbo Internet سوف يقلع حالاً.

بالمقابل، يقوم Turbo Newscast بتقديم خدمة مستمرة للمعلومات التي تتجدد على شبكة الإنترنيت، ويستطيع المشتركون اختيار سعة الأقراص الصلبة التي يرغبون بتخصيصها كما يحددون فترة صلاحية المعلومات ومن ثم تجديدها، أو يتم ذلك من خلال config. utility التي تشكل جزءاً من EPG الخاص بنظام DirecPC.

تركيب نظام DirecPC

يتم تركيب هوائي DirecDuo والمستقبل DSS بنفس الطريقة التي يجري فيها تركيب أنظمة الاستقبال الرقمية للتلفزيون المنزلي الفضائي مع استثناء واحد يتمثل في أن معظم الهوائيات في أنظمة التلفزيون المنزلي الفضائي الرقمي ذات الشكل الإهليلجي يتم تركيبها بحيث يكون المحور الأكبر عمودياً على المستوى الشاقولي لموقع التركيب والمحور الأصغر موازياً للمستوى الأفقي له. في حين ينبغي أن يكون الهوائي الذي له شكل قطع ناقص والمصمم من قبل شركة Hughes وأبعاده 20×36 بوصة في وضع يصبح فيه المحور الأكبر في المستوي الأفقي حيث تكون الفصوص الثانوية أضعف ما يمكن في هذه الحالة.

إن هوائي النظام DirecDuo هو قرص قليل التقعر له خاصية تشكيل عدة نقاط محرقية على محوره الموازي لقوس المدار الثابت. وبسبب هذه الخاصية، يستطيع قمع التغذية "ثلاثي الأنماط" استقبال إشارات من التابع الصنعي المجاور للتابع الذي توجّه إليه حزمة الإشعاع الرئيسية للهوائي.

تحضيرات تحميل البرمجيات

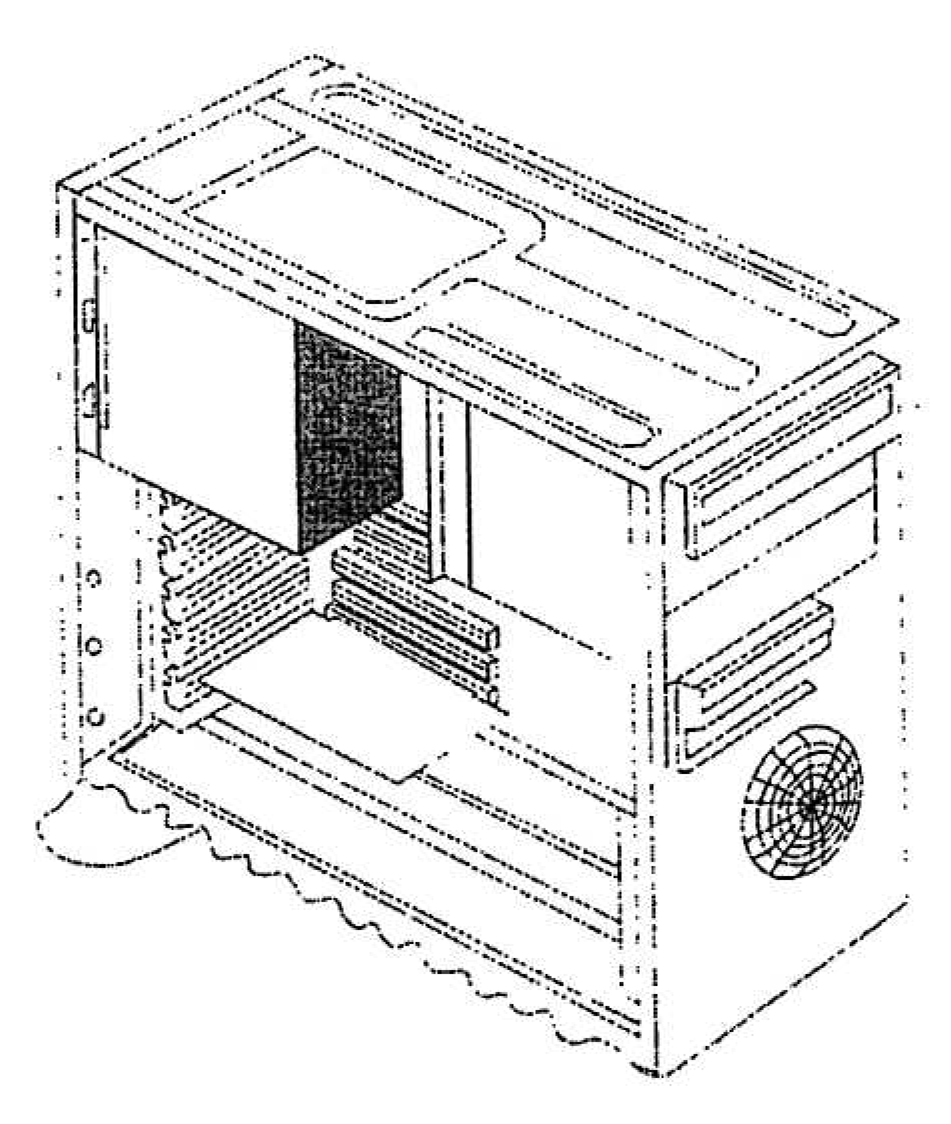
يتطلب تحميل برمجيات DirecPC وجود قرص ليزري CD-ROM أصلي Windows 95/98 أو أقراص مرنة لذات البرمجيات، وفي حال غيابها، ينبغي على المبرمج معرفة أمكنة ملفات Windows على القرص الصلب.

لإيجاد مكان وجود الملفات، يجب تشغيل برنامج Windows والضغط على زر "Start" واختيار "Find" ومن ثم أمر "Files or Folders"، تحت جدول "Name & Location" يتم إدخال النص "CAB.*" في الفراغ الأبيض المسمى "Named:"، يضغط أخيراً على الزر "Find Now" فتظهر على الشاشة قائمة بجميع الملفات التي تحمل الامتداد CAB. وتكون الملفات المطلوبة قد أخذت تسمية مثل "windows95_01.CAB" "windows95_02.CAB" ... إلخ، ويجب تسجيل الـ Directory الذي يسمح بالوصول إلى هذه الملفات وليكن مثلاً (c:\windows\options\cabs\).

تركيب بطاقة الملاءمة وتحميل البرمجيات Software Installation

إن تركيب بطاقة الملاءمة لنظام DirecPC (انظر الشكل 21-5) وتحميل البرمجيات هي من الأمور العادية بالنسبة لأشخاص لديهم الخبرة في تركيب طرفيات على الحواسيب

الشخصية، وينبغي على من يقوم بذلك الخروج من برنامج Windows ومن ثم إطفاء الحاسوب، يجب الانتباه إلى أنه قبل إخراج بطاقة الملاءمة من الحافظة، يجب التخلص من أية شحنة كهربائية ساكنة بلمس السطح المعدني للحاسوب، تفصل التغذية الرئيسية ومن ثم يرفع الغطاء المعدني للحاسوب الشخصي.



شكل 5-21 منظر داخلي لحاسوب شخصي بمعالج بنتيوم وتبدو المآخذ PCI و ISA لبطاقات التوسع كما تظهر بطاقة موديم وقد تم تركيبها.

إن بطاقة الملاءمة DirecPC مثل أي دارة أخرى تضيف إمكانات جديدة للحاسوب، وإن برنامجاً مثل "plug-and-play" الذي يعمل مع Windows قادراً على الكشف آلياً عن الطرفية الجديدة المركبة على الحاسوب ويقوم البرنامج "Installation Wizard" بربط الطرفية والتخاطب معها.

تحوي الحواسيب الشخصية ممر محلي Local Bus –مسار للمعطيات الحاسوبية بين الأجهزة– ويربط هذا الممر فتحات التوسيع Expansion Slots مع وحدة المعالجة المركزية (CPU) المرتبطة مع اللوحة الأم Motherboard، وهذا الممر يسمح بتبادل المعطيات وفق معدلات سرعة عالية. وهناك نوعين من فتحات التوسيع، الأول Peripheral Computer Interconnect (PCI) وقد تم تطويره من قبل شركة Intel لربط الطرفيات التي تتطلب سرعة عالية في نقل المعطيات والتخاطب مع اللوحة الأم، إذ تبلغ 133 ميغابايت/ثانية والنوع الثاني Industry Standard Architecture (ISA) هي وصلة 16-bit يتراوح معدل نقل المعطيات فيها من 3 إلى 10 ميغابايت/ثانية.

ينبغي ربط بطاقة الملاءمة DirecPC على أحد وصلات الامتداد PCI الفارغة 32-bit، وهذه تكون أقصر كثيراً من الوصلات ISA ويوجد في الحاسوب ثلاث تفريعات PCI، مقابل اثنتين ISA، ويتم تركيب البطاقة برفع القطعة المعدنية التي تغطي مكان الوصلة الخارجية على الجانب الخلفي من الحاسوب، ويتم زلق بطاقة الملاءمة في الوصلة PCI حتى تأخذ مكانها، ويجري تثبيت البطاقة على جسم الحاسوب بواسطة براغي تثبيت القطعة المعدنية التي تم إزالتها. يعاد غطاء الحاسوب وتوصل التغذية. لدى تشغيل الحاسوب. سوف يكتشف نظام التشغيل Windows آلياً وجود بطاقة الملاءمة على وصلة جديدة PCI.

أدخل القرص الليزري CD-ROM الخاص بالنظام Direct PC ومن ثم اضغط على "Next" من نافذة التخاطب "New Hardware Found"، يمكن أن يطلب إدخال القرص Windows CD-ROM، وإن لم يتوفر قرص خاص بالجهاز، يجب العبور إلى الملفات CAB.* والضغط على النافذة "OK" عند ذلك سوف تفتح نافذة جديدة للتخاطب وتسأل عن مكان الملف "bicndis.sys" وإن لم يكن قد وضع القرص الليزري CD_ROM DirecPC في السواقة فيجب حينئذ إدخاله، وبالضغط على "OK" سوف يقوم Windows 95 بإنهاء عملية تحميل الملفات الضرورية لتشغيل البرنامج من القرص الليزري DirecPC إلى القرص الصلب للحاسوب.

قبل تحميل برمجيات DirecPC، ينبغي الخروج من جميع التطبيقات المفتوحة، وإعادة إقلاع الحاسوب بعد وضع القرص الليزري في السواقة، حينئذ سوف تظهر على الشاشة إشارة الترحيب، يتم اختيار النافذة "Next" ومن ثم نتبع التعليمات لإنهاء عملية تحميل البرنامج.

من مزايا برنامج DirecPC، وجود شاشة "Antenna pointing" التي تحدد خصائص قرص الهوائي وهي الارتفاع elevation، زاوية الميل المغناطيسي magnetic azimuth، والاستقطاب polarization. وتستخدم هذه القيم للانتهاء من ضبط الهوائي. يضغط على زر "Finish" ومن ثم "Yes" لإعادة إقلاع الحاسوب.

يستفاد من المعطيات السابقة لتوجيه الهوائي، ومن ثم يُعطى الشكل العام configure لبرنامج DirecPC حسب التعليمات التي تظهر عل الشاشة. وتتضمن الخطوات تسجيل اسم مستخدم DirecPC والإعدادات الأولية initial setup لخدمة Turbo Webcast، حال الانتهاء من هذه الإعدادات، يمكن للمشترك استخدام الدليل البرمجي الإلكتروني (EPG) الخاص بالنظام DirecPC وذلك للوصول إلى خدمات Turbo Internet، Turbo Webcast، Turbo Newscast.

التوزيع الشامل للحزم الرقمية (GDPD)

DirecPC Global Digital Package Delivery

إن توزيع خدمات Internet إلى رجال الأعمال حول العالم تقوم به الأقمار الاصطناعية، فالشركات التي مراكزها في سان فرانسيسكو، مكسيكو، طوكيو، ونيودلهي أصبحت قادرة على توزيع كمية كبيرة من التقارير المحتوية على رسوم بيانية وفيديو ومواد دعائية إلى جميع عملائها خلال ساعات.

لقد أطلق نظام DirecPC خدمة جديدة باسم GDPD يستطيع من خلالها المستثمر إرسال أي نوع من الملفات، من الأشكال المعقدة والنصوص إلى الفيديو المصور وذلك من أي موقع في العالم إلى عدد لا محدود من المواقع بمجرد أنها مجهزة بنظام استقبال DirecPC.

لقد منحت شركة Hughes الترخيص لعاملين في كندا، المكسيك، أوربا الغربية والشرقية، شمال أفريقيا والشرق الأوسط، الهند، كوريا، تايوان، اليابان ولدول أخرى في المحيط الهادي وذلك لتكوين شبكة أكملت أعمالها التأسيسية مع نهاية 1998.

إن ما يسمى بمركز عمليات الشبكة Network Operation Center (NOC) هو الذي يقوم بالاتصال مع التابع الصنعي دون اعتبار لموقع هذا المركز في العالم وهو بمثابة القلب لكل عملية DirecPC، ولجعل (GDPD) حقيقة، لابد من ربط جميع المراكز NOC الحالية والمستقبلية بنظام اتصال عملياتي، بحيث تشترك هذه المراكز بالدفع ويتحدد معيار للأفضلية.

من خلال بطاقة الملاءمة DirecPC، يمكن لرجال الأعمال الاستفادة من ثلاث خدمات رئيسية. إذ يؤمن Turbo Internet الوصول إلى شبكة الإنترنيت حتى معدل 40 كيلوخانة/ثانية ويسمح GDPD بتوزيع المعطيات من موقع-إلى-عدة مواقع بتدفق معطيات يصل إلى 3 ميغاخانة/ثانية وأخيراً الاستفادة من خدمة برنامج DirecPC متعدد الوسائط Multimedia الذي يعمل على توزيع فيديو بجودة عالية وعلى كامل الشاشة حسب نظام MPEG-1 وذلك من أي موقع إلى مواقع متعددة أيضاً.

أنظمة متعددة الوسائط

DVB-Compliant Multimedia System

ينوي القائمون على تسويق EUTELSAT (http://www.eutelsat.org) و ASTRS (http://www.astra.Lu) تقديم منصات Platforms جديدة متعددة الوسائط للتوابع الصنعية لأوروبا، شمال أفريقيا والشرق الأوسط وتعتمد هذه المنصات على البنية المفتوحة للأنظمة الرقمية DVB و MPEG-2 وسوف تؤمن وصلة إنترنيت عالية السرعة بمعدل تدفق معطيات يصل إلى 2 ميغاخانة/ثانية لكل مشترك (انظر الشكل 21-3) أو 40 ميغاخانة/ثانية في حال توزيع المعطيات من مراكز إرسال (انظر الشكل 21-4).

لقد اختار فريق العمل الأوروبي للنظام DVB المواصفات DSM-CC من MPEG-2 وهي الحروف الأولى من DigitalStrong Media-Command and Control لتعمل كأساس لإرسال معطيات DVB وذلك بالتنسيق مع (Service Information) DVB-SI.

إن كل مؤسسة لخدمات multimedia تملك مركز مراقبة شبكة Network Control Center (NCC) يقوم بنفس دور محطة إرسال DVB. وكل مركز مراقبة يتكون من معدلات، نواخب multiplexers، مرمزات، نظام مراقبة، إضافة لبرامج الوصول المشروط (CA) ونظام إدارة المشتركين.

هناك مجموعة من الاتفاقيات (protocols) التي تسمح بالتخاطب بين منظومة حواسيب غير متشابهة ومختلفة المنشأ، تسمى هذه الاتفاقيات Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)، إن الجزء IP هو اتفاقية تستخدم لسوق حزمة المعطيات المسماة "Datagram" من مصدرها إلى وجهتها عبر الإنترنيت.

إن العاملين في مجال الحزم الرقمية سوف يجنون أرباحاً من إمكانية المزج المتعدد multiplexing للمعطيات الرقمية مع الخدمة التلفزيونية الرقمية DTH، إن الوكلاء سوف يقدمون خدمة شبكة الإنترنيت إضافة للبرامج التلفزيونية وهذا ما يحقق لهم موارد جديدة.

توسع الإنترنيت في آسيا

إن نقل معلومات الإنترنيت عبر الأقمار الاصطناعية تمثل الاستخدام الأكثر نمواً في منطقة آسيا والمحيط الهادي، تقوم حالياً منظومة أقمار عالمية مثل INTELSAT و PanamSAT بتأمين نظام خدمة الانترنيت (ISP) المحلي أو الوطني بحيث يكون القاعدة الأساسية للتخاطب السريع بين آسيا وأمريكا الشمالية.

إن الاتصال المتبادل غير متناظر، إذ أن المعلومات الرقمية تعبر من أمريكا إلى آسيا بسرعة أكبر من الاتجاه المعاكس وذلك لأن 70% من المواقع الموجودة عبى الإنترنيت هي في الولايات المتحدة.

خلال السنوات القليلة الماضية، بدأت مجموعة من الشركات الآسيوية بتقديم خدماتها على توابع صنعية خاصة

بها لاستخدام World Wide Web فمثلاً DirecPC الياباني يعتمد على التابع الصنعي SuperbirdC لتأمين خدمة الإنترنيت للأعمال التجارية اليابانية، ومع ذلك يستطيع المشتركون اختيار برامج فيديو تصل سرعتها إلى 3 ميغاخانة/ثانية.

لقد أطلقت شركة تايلاندية للاتصالات وهي أحد فروع مجموعة shinawatra مشروعاً جديداً للأعمال التجارية في الريف بحيث تؤمن اتصالاً مباشراً مع شبكة الإنترنيت عبر التابع الصنعي Thaicom الذي يعمل بالحزمة Ku والحزمة الجديدة تضمن وصلة اتصالات مع قرص هوائي وبرمجيات لخدمة الإنترنيت وهذه الوصلة سوف تؤمن ربط مواقع سياحية لم يسبق أن تم تخديمها.

بدأت شركة استثمار محلية Zaknet بتقديم خدمات إنترنيت عبر التابع الصنعي Asiasat2 حيث يستطيع المشترك الحصول على معلومات من الـ 300 موقع الأكثر شهرة على شبكة Web، إضافة للأخبار المحلية والتقارير الاقتصادية، ولا يستخدم الخط الهاتفي لأن Zaknet هي من يقوم باختيار ما يتم إرساله عبر الإنترنيت وجميع المواقع Web المختارة يجري تحديث المعلومات التي تحتويها باستمرار، كذلك يتضمن الاشتراك بخدمة Zaknet الاستفادة من البرامج التلفزيونية مثل CNN وغيرها. ويتم تسويق خدمات هذه الشركة في العديد من الدول الآسيوية وذلك باعتماد وكلاء يضيفون أرباحهم على قيمة الاشتراك.

الخيارات المتاحة أمام المشتركين بالإنترنيت

لدى المستثمرين في مجال التلفزيون المشترك عبر الخط المحوري أو الهوائي الرئيسي (SMATV) خيارات متعددة في تقديم خدمة سريعة بواسطة الإنترنيت للمشتركين وهذا ما يوفر لهم موارد إضافية من جذب زبائن جدد. في عام 1998، أدخلت شركة scientific-atlanta نظاماً حديثاً worldgate يسمح بإظهار صفحات شبكة الإنترنيت على شاشات التلفزيون العادي وذلك من خلال برمجيات وعلبة توزيع لتلفزيون المشترك SMATV.

في نظام Worlgate، استبدلت الطريقة التقليدية في تخزين الحجز بالعنونة والتي يستخدمها المشترك عادة لطلب الأفلام أو لرؤية الأحداث الرياضية أو الثقافية بطريقة pay-per-view واستعيض عنها بشكل يسمح للمشترك باختيار ما يشاء وبالزمن الحقيقي وذلك باستخدام أداة التحكم عن بعد الخاصة بجهاز التلفزيون، يستفيد المشتركون من وجود لوحة مفاتيح على الشاشة وأداة إدخال تمكن من إرسال البريد الإلكتروني e-mail، وهناك لوحة مفاتيح رخيصة الثمن، تعمل عن بعد لمن يحتاج للتعامل باستمرار مع بريد نظام Worlgate والاستفادة من إمكاناته.

يستطيع المشترك بخدمة توزيع التلفزيون بالناقل المحوري بنظام Worldgate أن يدخل إلى الإنترنيت خلال لحظات، ويقوم بتفريغ الصفحات من Web بسرعة تعادل ثلاث أضعاف سرعة أفضل موديم هاتفي وذلك حين يكون المشترك مجهزاً بعلبة تشابهية set-top-box أو بسرعة تزيد 1000 مرة في حال وجود علبة رقمية. وباعتبار أن الناقل يؤمن الوصلة بالاتجاهين (ذهاب-إياب) فلا حاجة لوجود خط هاتفي -لكن مع كلفة إضافية وتحديد في سرعة نقل المعطيات- أو لوجود Internet Service Provider (ISP) خارجي، والأفضل من ذلك، هو أن برمجيات النظام Worldgate تسمح للمشتركين في الناقل بالانتقال لحظياً من أي برنامج تلفزيوني إلى موقعه الأساسي على شبكة الإنترنيت ويعمل مركز خدمة المشتركين بنظام Wordgate عند نهاية الكبل المحوري على ملاءمة القنال، التوقيت ومعطيات البرنامج مع القيم المرادفة عند الموقع الأساسي على الشبكة، وبذلك لا توجد ضرورة ليقوم المشترك بإدخال عنوان موقع القنال التلفزيونية.

يتكون نظام Worldgate من مخدم نهاية الرأس head-end server مصمم ليعمل في اتجاه واحد أو اتجاهين مع قالبة تشابهية أو رقمية قياسية من إنتاج شركة Scientific-Atlanta. يؤمن المخدم الوصلة بين المشترك والانترنيت، ويمكن للعامل على تشغيل نظام الناقل المشترك للتلفزيون اختيار وصلة التابع الصنعي ليتم الاتصال وبسرعة عالية مع الإنترنيت أو اختيار وصلة أرضية ذات سرعة تدفق معطيات عالية أيضاً باستخدام الألياف البصرية. يمكن تخزين المواقع الشهيرة من Web أو إخفاؤها عند مخدِّم نهاية الرأس لنظام الكابل التلفزيوني بحيث يمكن للمشترك الوصول إليها وتحميلها بسرعة أكبر.

22



التلفزيون عالي التعريف HDTV

في المسح التلفزيوني عـالي التعريف High-TV definition هناك ضعف عـدد الخطوط تقريبـاً ممـا هـو عليـه في التلفزيـون التشــابهي (1080 مقابل 625)، كما إن صورته تقترب في حدتها من صورة فيلم 35 ملم، ويتم إظهارها بمساحة عرض سـينمائي ذات نسـبة (16:9) نسبة عرض الصورة إلى ارتفاعها- وهي تختلف عن مسـاحة العـرض في التلفزيون التقليـدي الـتي تسـاوي (4:3). للإرسـال عـالي التعريـف HDTV ميزة إضافية أيضاً تتمثل في الصوت Stereo المدمج مع البرامج المرسلة، ورغم وجود كل هذه المزايا فقد تقرر إرجـاء استخدام هـذا النظام إلى أوائل التسعينيات حيث ظهـرت تقنيـات الضغـط الرقمـي، وهي المفتـاح الـذي مكّـن مـن تقليـص عـرض الحزمـة اللازمـة لبـث معلومات الصورة الرقمية وبذلك تم التغلب على السـلبية الـتي ميـزت أنظمة الإرسال التقليدية (NTSC, SECAM, PAL) لأربعة عقود.

البحث عن نظام رقمي شامل

في 30 أيار 1997، أصدر الاتحاد العـالمي للاتصـالات (ITU) نظاماً شاملاً جديداً للإرسال التلفزيوني الرقمي الأرضي (DTTB) يسـمح بـالحصول علـى صـورة عاليـة الجـودة، ويُوحـد أنظمـة الإرسال العالمية، إنه يشكل نموذجاً يتـأقلم مـع التلفزيـون الرقمـي والتقليدي بآن معاً. إضافة لقابلية نقل الإشارة الفضائية، والتوزيع بالكابل المحوري وملاءمة الطرفيات.

لقد وافق الاتحاد بالإجماع على نظام قياسي وحيد للتلفزيـون عـالي الجـودة يعتمـد علـى إطـار مشـترك للصـورة (HD-CIF) High definition common image format ذات مصفوفة وحيدة من العينات (1.920 نقطة ضوئيـة في كـل مـن 1.080 خطـاً) دون اعتبـار لمعـدل الحقول والإطارات، وهذا ما أعطى مصنعي الأجهزة التلفزيونيـة في العالم إشارة البدء في الإنتاج الكمي، وفتح آفاقاً واسعة للمبيعات.

الإطار المشترك للصورة عالية الجودة (HD-CIF)

كان من توصيات الاتحاد العـالمي ITU دمـج النظـامين القياسـيين المتنافسـين الأمريكـي (ATSC) والأوربــي (DVB) وإيجـاد نظـام وحيـد يحقـق المتطلبـات الفيزيائيـة العمليـة للتلفزيون الأرضـي، إضافـة لدعـم الإرسـال المتعـدد الأقنيـة لتقنية الإرسال الرقمي المضغوط.

إن من خصائص نظام التلفزيون الأرضي التشابهي، أنه يترك أقنية متجاورة غير مشغولة تجنباً للتداخـل الـذي يمكـن أن يحدث بين برامج تغطي منطقة جغرافية واحدة. ويستطيع النظام الرقمي الجديد الاستفادة من هذه الأقنيـة دون التأثـير على الأقنية التشابهية المجاورة، وبهذه الطريقـة، تم اسـتخدام كـامل المجـال الـترددي بفاعليـة كبـيرة. إن في خطـة الاتحـاد العالمي للاتصالات، إخراج التلفزيـون التشـابهي الحـالي مـن السوق في المستقبل (عشر سنوات في أمريكا و مـدة أطـول في أوروبـا) وفي أثنـاء هـذه الفـترة الانتقاليـة، سـوف تـزود الأجهزة التلفزيونية بعلب تمكنها من كشف الترميز ومعالجـة الإشارات الرقمية الجديدة.

لقد أعلن المنتجون للدارات التكامليـة عـن جـاهزيتهم للبدء بالإنتـاج الكمـي لـدارات ضروريـة لكشـف الـترميز، وذلك بهدف مكاملتهـا مـع الأجهـزة التلفزيونيـة الحديثـة. وهنـاك 1.288 مليــون جهــاز تلفزيونــي في العــالم ينبغــي استبداله، ويمكن أن نتصـور الفرصـة الذهبيـة لمـن يعمـل في مجال الصناعات الالكترونية الاستهلاكية.

نظام MPEG-2، أشكاله، مستوياته و طبقاته

إن نظام الضغط MPEG-2 هو مفتاح الأنظمة القياسية للتلفزيون الرقمي الجديد والذي تبناه الاتحاد العالمي للاتصالات. في الحقيقة، إنه عبارة عن مجموعة من الأنظمة المرتبة بطريقة منسجمة و متلائمة بعضها مع بعض.

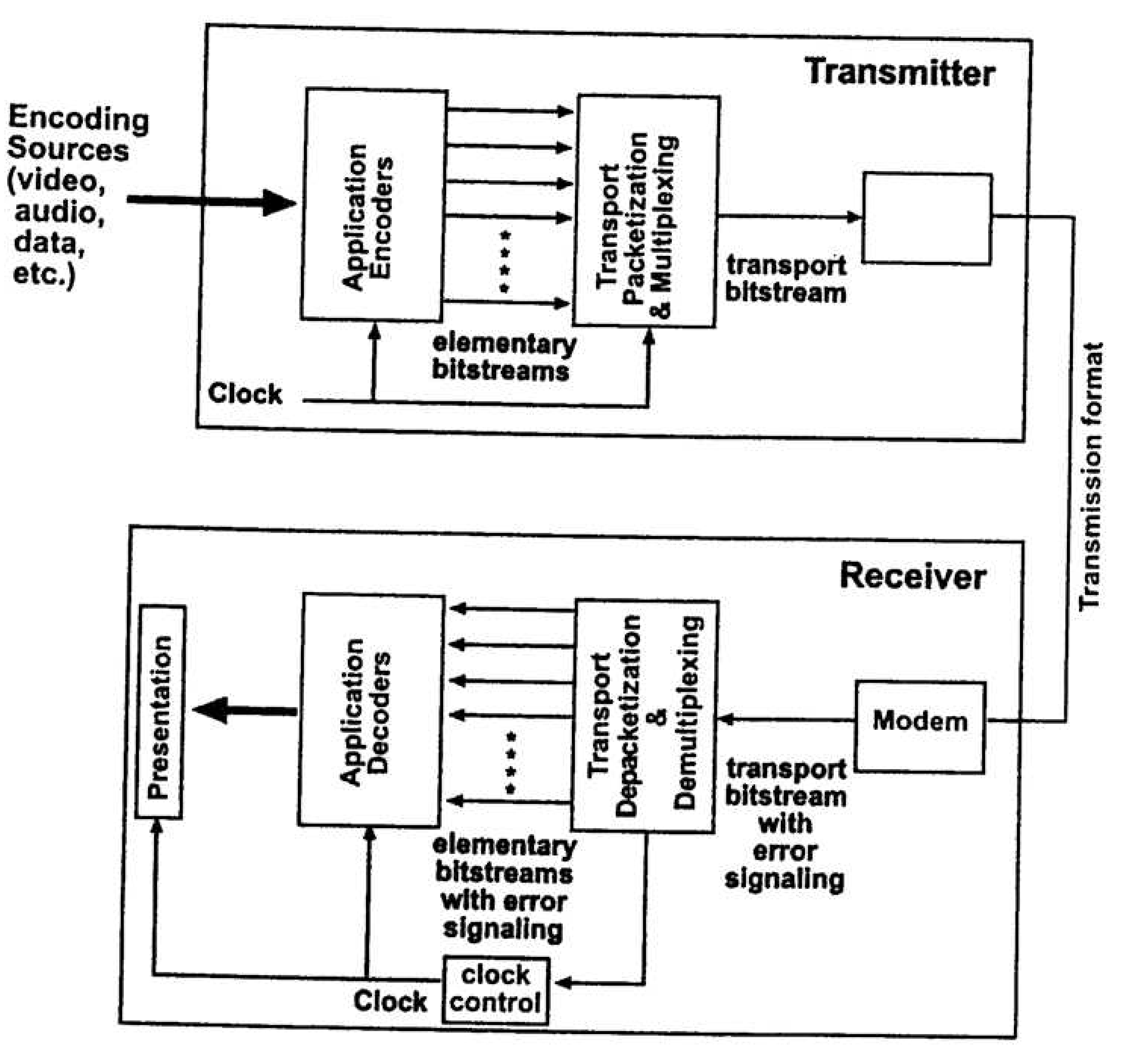
يوجد في نظام MPEG-2 أربع مستويات، العالي، العالي 1440، الرئيسي و المنخفض. وتختلف هذه المستويات حسب مصفوفة العينات بعدد النقاط الضوئية في الخط الواحد. وتستخدم طبقتين الأولى مسرعة و الثانية أساسية، و هذه الأخيرة هي التي تحتوي المعطيات الضرورية للتلفزيون العادي (SDTV) standard definition ذو النسبة 4 :3 في حين يتطلب التلفزيون عالي الدقة high definition (HDTV) الذي يعمل بنسبة 16 : 9 الطبقتين معاً للحصول على المعلومات اللازمة لتحقيق صورة رفيعة المستوى.

يوجد أيضاً في نظام MPEG-2 خمسة أشكال و قد تم مناقشة ذلك في فصل سابق.

لقد عملت مئات الشركات و المنظمات الدولية في الفترة من عام 1987 وحتى 1995 على تطوير أربعة أنظمة رقمية (الشكل 22-1 و 22-2).

Horizontal Pixels	Vertical Lines	Aspect Ratio	Picture Rate (Fields/sec)
640	480	4:3 4:3	60 I 60 P 30 P 24 P
704	480	16:9 4:3	60 I 60 P 30 P 24 P
1,280	720	16:9	60 P 30 P 24 P
1,920	1,080	16:9	60 I 30 P 24 P

شكل 22-1 إطارات الإظهار في نظام التلفزيون الرقمي في الولايات المتحدة



شكل 22-2 مخطط صندوقي وظيفي للمرسل والمستقبل في التلفزيون عالي الدقة (HDTV)

التعديل في التلفزيون الرقمي

يقوم نظام التلفزيون الرقمي على تقنية ضغط المعطيات التي تعتمد على MPEG-2 بالشكل الرئيسي main profil والمستوى العالي High (MP @ HL) و يتضمن استخدام تقنيات تعويض حركة الإطار باتجاهين Bi-directional Frame التي ترفع جودة الصورة. و يعتمد التعديل الرقمي للبث التلفزيوني الأرضي على تقنية الإرسال (8-VSB Vestigial Side Band) التي تؤمن تغطية جغرافية واسعة، و تقلل من التداخل مع الإشارات التشابهية المحيطة بها، إضافة إلى مناعتها من التداخل مع

الإشارات الرقمية. إن الإرسال الأرضي يتم بتدفق أعظمي للخانات يساوي 19.28 ميغاخانة/ثانية و هذا يعادل إرسال قنال رقمية واحدة HDTV أو خمس أقنية تلفزيونية عادية SDTV ذات صورة أفضل من نظام NTSC التشابهي.

في التوزيع التلفزيوني عبر الناقل، يمكن إرسال الإشارات بمستوى تدفق أعلى يساوي 38.56 ميغاخانة/ثانية وذلك يعتمد تقنية 16-VSB التي تسمح بنقل قناتين HDTV عبر ناقل لقناة بحزمة 6 ميغاهرتز. وقد أصبح استخدام هذا المعدل الأعلى لتدفق الخانات أصبح ممكناً بسبب مناعة الإشارة أثناء نقلها سلكياً مقارنةً بالمناعة أثناء انتقال الإشارة عبر الغلاف الجوي المحيط بالأرض.

نظام الضغط في التلفزيون الرقمي

الضغط هو عنصر أساسي في الإرسال التلفزيوني عالي التعريف، فبفرض أن إشارة النصوع Luminance تحتاج إلى 8 خانات و 4 خانات لكل من إشارتي فرق اللون (Cb, Cr)، نرى أن إرسال 60 صورة في الثانية يتطلب ما يعادل تقريباً 2 جيغاخانة/ثانية لمعلومات الفيديو الفعالة فقط:

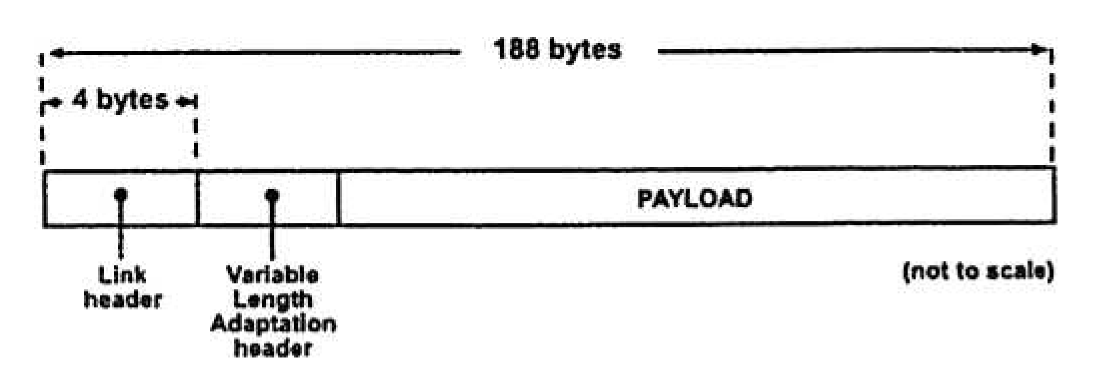
1080 خطاً × 1.920 نقطة مضيئة × 60 إطاراً في الثانية × 16 خانة = 1.990 ميغاخانة/ثانية.

من هنا، تظهر بوضوح ضرورة إجراء ضغط بمعدل 50:1 لإرسال قنال تلفزيونية عالية التعريف ضمن حزمة الـ6 ميغاهرتز المخصصة لإرسال قنال تلفزيونية أرضية.

المرونة في التلفزيون الرقمي

إن النظام القياسي الجديد للتلفزيون الرقمي، مثل MPEG-2، يتميز بخصوصية حزم المعطيات المرئية والصوتية بحيث يسمح بإرسالها على أشكال مختلفة، إضافة إلى إمكانية اختيار طريقة الدمج أو التداخل فيما بينها. وهذا يمنح مرونة عظيمة للعاملين في حقل البرامج التلفزيونية الأرضية باختيار طيف واسع من تشكيلات الإشارة الفيديوية، الصوتية ومعطيات الوسائط المتعددة. فبعضهم يختار برامج تلفزيونية عالية التعريف HDTV أثناء ساعات الرؤيا المفضلة في المساء "prime time" بينما يتم إرسال خمس برامج معاً عادية التعريف SDTV في الأوقات الأخرى، وقد يتضمن بعضها برامجاً مدرسية محلية أو نشرات جوية عن حالة الطقس أو حتى أسعار المواد في المخازن.

كل إطار في التلفزيون الرقمي يتضمن طول ثابت مخصص لنقل المعطيات "payload" يسبقه عنوان للتعريف header يتضمن طبيعة المعطيات التي يحملها ويحتوي على طبقة بطول ثابت أيضاً وأخرى بطول متغير للتلاؤم (شكل 22-3). تؤمن المركبات الأخيرة الثابتة والمتغيرة المرونة المطلوبة لنقل نوع معين من المعلومات واختيار المرئية منها والصوتية إضافة للمعطيات المساعدة.



شكل 22-3. يتكون إطار نقل المعطيات من طول ثابت لنقل المعطيات ومركبات ثابتة ومتغيرة الطول لعنونة الحقل.

يوجد أربع-ثمانيات (4-Byte) في الطبقة ذات الطول الثابت، تبدأ بثمانية خاصة بالتزامن "sync-byte" والتي يستخدمها كاشف الترميز لفك الإشارة وهناك 13- خانة هامة تسمى PID وظيفتها تأمين آلية اختيار تدفق المعطيات الرقمية.

يقوم المرمز بتوليد نسخة ثانية من الرزم التي تتضمن المعلومات الضرورية لاستمرار عمل النظام، ويسمح عداد الاستمرارية "continuity-counter" لكاشف الترميز بالتعريف على تلك الحزم، ومن ثم يستفيد من المعلومات أو يهملها بعد مطابقتها مع النسخة الأولى المستقبلة، كما يمكن من ترويسة الرزمة معرفة فيما إذا كانت المعلومات المحملة payload مشفرة أم لا. وإن كانت كذلك، يكون العنوان متضمناً الخوارزمية أو المفتاح الإلكتروني "Key" الذي يجب على كاشف الترميز أن يستخدمه لفك الشيفرة ومعالجة المعلومات المحتواة.

إن طبقة الملاءمة ذات الطول المتغير تتعامل مع التزامن بالزمن الحقيقي لكشف ترميز ومعالجة كل برنامج لقنال محتواة ضمن سيل المعطيات الرقمية. ويتم إرسال المعلومات الزمنية اللازمة لكاشف الترميز ليحافظ على التزامن. وهناك حقلاً للساعة المرجعية "Program Clock-Reference" (PCR) يحتوي على عينات من نبضات الساعة 27 ميغاهرتز، وهذا يشير إلى الزمن المتوقع لينتهي كاشف الترميز من قراءة المعلومات. ويقوم الكاشف بمقارنة الطور بين نبضات الساعة المتولدة محلياً "Local" مع قيمة PCR المستقبلية لتحديد التزامن بينهما ويستفاد من تلك القيمة لضبط الساعة Clock Rate.

تقوم طبقة الملاءمة أيضاً بالتعرف على نقاط ثابتة في سيل المعطيات مسموح عندها بإدخال معلومات محلية لا علاقة لها بالبرنامج العام.

نظم مسح التلفزيون الرقمي DTV

لا يتطلب نظام DTV استخدام إطار مسح معين، أو نسبة طول صورة إلى عرضها أو عدد خطوط إشارة الفيديو. بالمقابل، يقدم النظام خيارات متعددة. تتضمن نظم الفيديو المتوفرة إمكانية مسح إطارات بمعدل 24 ؛ 30 و 60 إطاراً بالثانية حيث يوجد 1.280 نقطة مضيئة X 720 خطاً و 24 ، 30 إطاراً بالثانية بالتلفزيون عالي التعريف HDTV (1.920 X 1.280). يستطيع نظام DTV أيضاً توليد 60 إطاراً متداخلاً بالثانية وبمصفوفة عينات 1.920 X 1.080 متى كان ذلك ممكناً فنياً.

إن معدل الإطارات 60 أو 30 بالثانية هو الملائم أكثر لمعدات الفيديو التي تعتمد المسح التشابكي، في حين يتميز المعدل 24 إطاراً بالثانية من أجل إرسال جميع الأفلام.

تتوفر أيضاً المصفوفات 640 X 480 و 704 X 480 للتلفزيون ذو التعريف القياسي SDTV، كذلك يوجد خيار مناسب لنظام NTSC بمصفوفة 525 خطاً في كل منها 756 نقطة مضيئة، ولكن 483 خطاً فقط تعتبر فعالة والباقي من الخطوط محتواة في فترة الإطفاء الشاقولي. تستطيع أجهزة التلفزيون الرقمية الحديثة التعامل مع الحواسب الشخصية لأن فيها مسح متدرج، وتقوم شركات مثل Zenith و Intel بتطوير بطاقات لكشف تعديل PCI وسوف تسمح للحواسيب الشخصية باستقبال التلفزيون الرقمي.

نظام الصوت المعياري في التلفزيون الرقمي

الفرق الرئيسي بين إشارتي DVB-compliant MPEG-2 والتلفزيون الرقمي DTV ذلك أن الأول يستخدم نموذجاً معدلاً من MUSICAM من أجل توليد الصوت الرقمي CD-quality، بينما يعتمد التلفزيون الرقمي على نظام الصوت المضغوط Dolby AC-3 للقنال 5.1 وهو أحدث الأنظمة المستخدمة في المسارح العالمية.

يقوم نظام Dolby AC-3 بأخذ عينات لإشارة الصوت بمعدل 48 كيلوهرتز الذي يتلاءم مع عداد الساعة الرئيسي للتلفزيون الرقمي DTV والذي يساوي 27 ميغاهرتز، وذلك بمعدل تدفق أعظمي قدره 384 كيلو خانة/ثانية، وهناك خمس أقنية لتشكيل الصوت (CM) اليسار، المركز، اليمين، المحيطي اليساري والمحيطي اليميني، ويوجد أيضاً التردد المنخفض (LEF) لمجال استجابة من 3 إلى 120 هرتز. تتوفر خدمة خاصة للموسيقى والتأثيرات (ME) تعطي إمكانية تحميل صوت بلغة ثانية. كذلك يؤمن Dolby AC-3 خدمات إضافية تتضمن التعليق على المشاهد والإرسال في حالة الطوارئ وغيرها.



23

نظام الهوائي الرئيسي في التلفزيون الرقمي SMTV

إن نظام Satellite Master Antenna Television (SMATV) هو نظام استقبال تلفزيوني مشترك يسمح للعديد من المنتفعين برؤية ذات البرامج الفضائية والأرضية. ومن مزايا هذا النظام أنه يعمم استخدام قرص هوائي مشترك وشبكة توزيع بناقل محوري لمجموعة من المنتفعين مما يساهم في خفض كلفة التجهيزات الخاصة بكل منزل بشكل ملموس.

إن نظام SMATV هو النمط الأفضل من حيث مقارنة الكلفة بالمزايا لتغطية المجمعات السكنية. ويقوم الهوائي المشترك باستقبال البرامج الفضائية الرقمية من قمر اصطناعي أو أكثر. إنه يبدأ بتحويل الإشارات إلى شكل قابل للنقل على ناقل محوري لتصل إلى كل مشترك بمفرده. ويمكن أن يتضمن النظام هوائي للتلفزيون الأرضي لاستقبال الأقنية الأرضية. تجتمع الإشارات الأرضية والفضائية لتتوزع على بناء أو عدة أبنية متلاصقة.

يقدم نظام SMATV مزايا متعددة مقارنة بأنظمة الاستقبال الفضائية الأخرى. فاستخدام قرص هوائي وحيد يلغي مشهد الأقراص المتعددة على نفس البناء، إضافة إلى أن نطر قرص هوائي وحيد يكون عادة أكبر مما يوفر إشارة أقوى، والميزة الأهم في نظام SMATV هي إمكانية جمع الأقنية الأرضية والفضائية بصورة جيدة بحيث يستطيع القاطنين في مجمع سكني رؤية البرامج المتاحة باستخدام وصلة خط نقل محوري.

مكونات نظام SMATV

مثل نظام الاستقبال الفضائي المنزلي الخاص، يستخدم نظام SMATV هوائي إهليلجي لاستقبال الأقنية المتعددة التلفزيونية والأقنية الصوتية من قمر اصطناعي وحيد، أو كوكبة من التوابع الصنعية التي تؤلف منظومة، وإن الفرق الأساسي يكمن في قطر الهوائي الذي يكون عادة أكبر مما يتطلبه نظام الاستقبال الخاص. (شكل 23-1). الغاية من ذلك، هي توليد إشارة قوية عند رأس النظام "head end" لتعويض الانخفاض الذي يمكن أن يحصل من المعالجة اللاحقة للإشارة بالإضافة إلى ناقل التوزيع بحد ذاته.

Satellite EIRP:	52	50	48	44	dBW
No. of IRDs in SMATV system:					
1 - 4	60	75	90	120	
5 - 16	75	90	120	150	
17 - 50	90	120	150	180	
Astra recommended size of satellite dish in cm					

شكل 23-1 قطر الهوائي المطلوب لنظام SMATV في الحزمة Ku

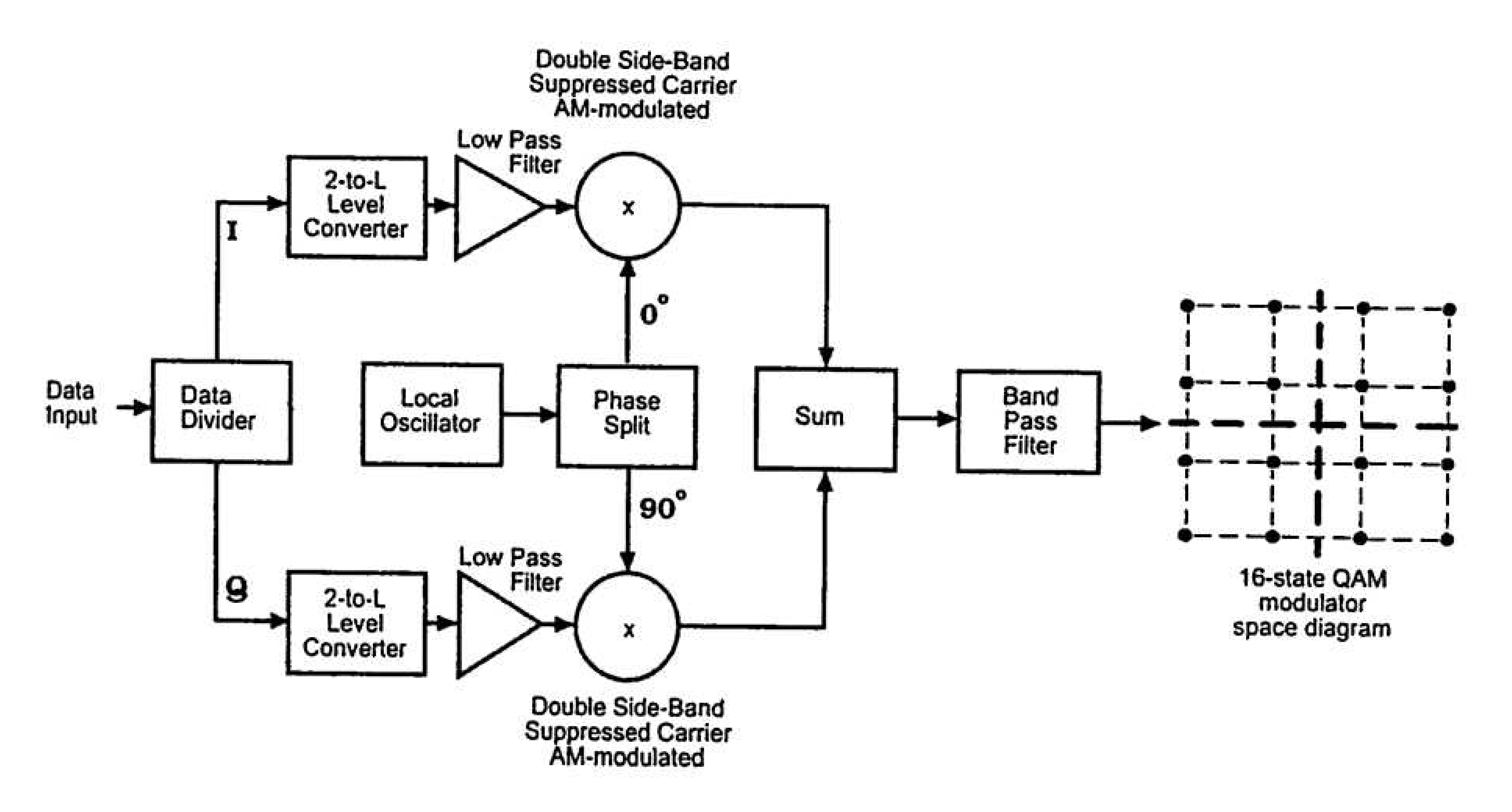
إن رأس نظام SMATV هو موقع المعالجة المركزي لجميع الإشارات الواردة إلى الهوائي الفضائي، إضافة إلى هوائي واحد أو أكثر للتلفزيون الأرضي. يقوم رأس النظام إما بتحويل الأقنية الفضائية والأرضية إلى شكل آخر للتعديل وتوزيعه لاحقاً بالناقل المحوري أو يعمل كمضخم أولي للإشارة الواردة من التابع الصنعي دون تبديل في شكل التعديل. في كلتا الحالتين، يوجد ناخب multiplex عريض الحزمة في نهاية رأس النظام يقوم بحمل جميع الأقنية التلفزيونية والصوتية المرغوبة، ويجب أن يتعرض الكابل المحوري الحامل لهذا المزيج من الأقنية لعدة عمليات تقسيم قبل أن يصل إلى كل جهاز تلفزيوني في المجمع السكني. لتعويض الفقدان الناتج عن انتقال الإشارة عبر

الكابل. تضاف مكبرات عند النقاط الحساسة على طول خط النقل لتقوية الإشارة وإعادتها لمستوى المقبول.

ينبغي وجود علب توزيع عند كل موضع استقبال ضمن نظام SMATV الرقمي، والغاية منها هي فرز مجموع الأقنية الرقمية المرسلة على الكبل إلى أقنية مرئية و/أو صوتية خاصة بكل منتفع.

أنظمة DVB-Compliant SMATV

يوجد العديد من الخصائص التي تحكم استخدام معايير الضغط الرقمية للنظام MPEG-2 لأغراض الإرسال، فالنظام DVB-C لتوزيع الإشارات التلفزيونية الرقمية باستخدام خط النقل المحوري القياسي يستخدم التعديل المطالي المتعامد Amplitude Shift Keying (QAM)، وهو شكل من أشكال حيث يتم تعديل نبضات الإشارة الأساسية لمحطة الإرسال لتمثيل الرسالة (شكل 2-23) وقد اعتمد هذا النوع من التعديل لأنه أكثر ملاءمة من QPSK فيما يتعلق بالاستفادة من عرض الحزمة المحدود للخط المحوري، فيمكن مثلاً تحميل معطيات بمعدل 38.5 ميغاهرتز/ثانية لقنال تلفزيونية أوربية واحدة ذات حزمة 8 ميغاهرتز على ناقل محوري عادي إذا ما استخدم التعديل 64-QAM. والرقم 64 يدل على عدد حالات مطال شعاع الإشارة التي يمكن أن يحتويها التعديل QAM، وهناك مستويات أخرى يمكن استخدامها أيضاً مثل 16-QAM، 32-QAM و 128-QAM.



شكل 2-23. مخطط صندوقي لتعديل مطالي متعامد تقليدي

هناك أيضاً النظام DVB-CS حيث تدل C على (Cable) و S عى (Satellite) المناسب للاستخدام في تطبيقات SMATV. ذلك أنه اعتمد طرقاً مختلفة لملاءمة الإشارة الرقمية وتوزيعها عبر نظام الهوائي الرئيسي مع الأخذ بالاعتبار محدودية حزمة التمرير للأقنية SMATV.

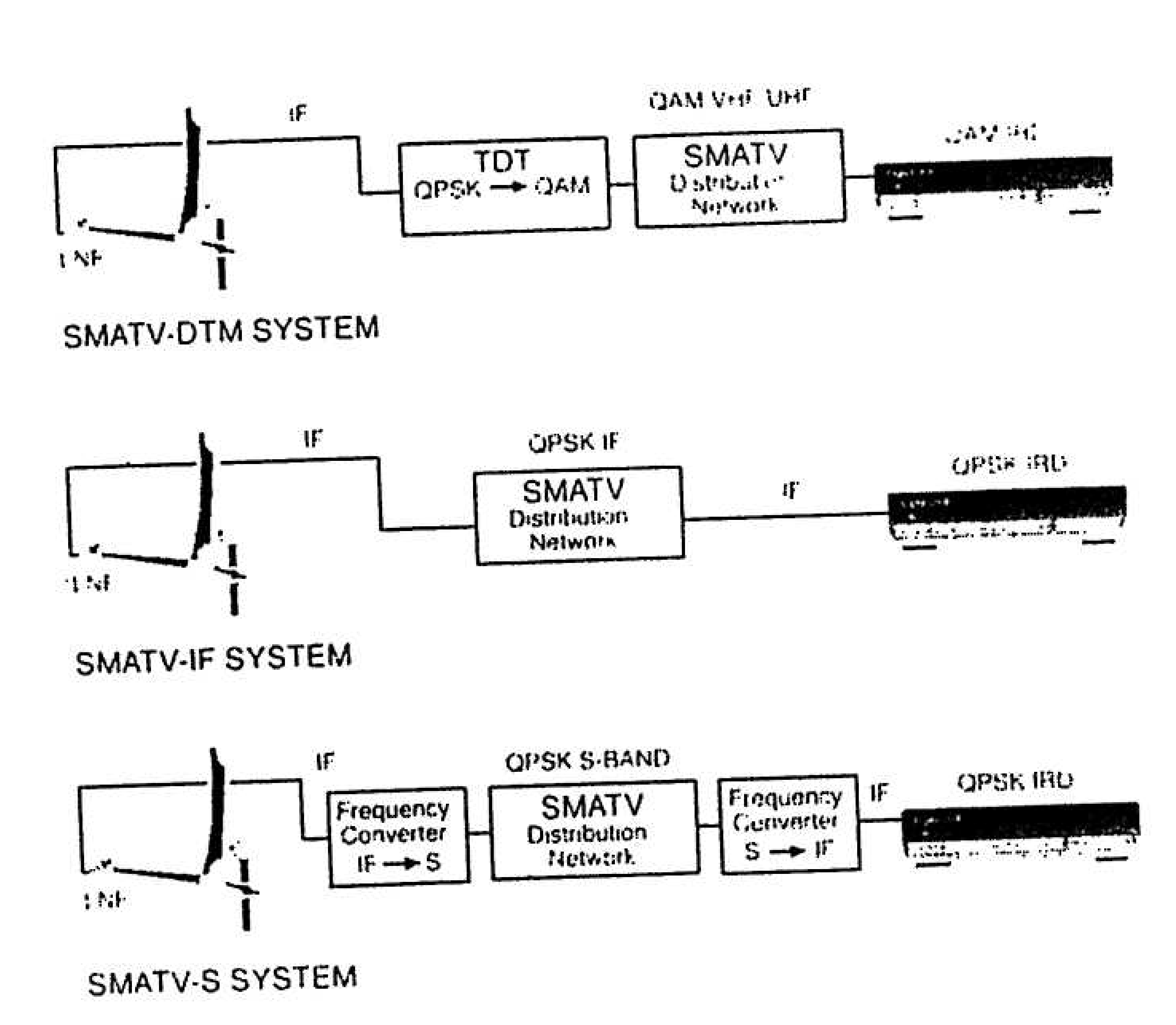
نظام التعديل الرقمي SMATV-DTM

يستخدم النظام Digital Trams Modulation (DTM) طريقة التعديل QAM بدلاً من QPSK ويمتاز بعدم الحاجة لبطاقة ملاءمة Interface من أجل تحويل الإشارات الرقمية للقمر الاصطناعي والمعدلة QPSK إلى إشارات مكافئة لها معدلة QAM، وتسمى الوحدة التي تقوم بهذه الوظيفة في نظام SMATV بالمعدل الشفاف الرقمي Transparent Digital Transmodulator (TDT) ويمكن للقنال التلفزيونية المنقولة بالكابل المحوري بعرض حزمة 6 ميغاهرتز (أمريكا الشمالية) أو 8 ميغاهرتز (أوربا) أن تحمل هذا النوع من الإشارات المعدلة، وينبغي لكل مجمع سكني موصول إلى نظام SMATV أن يزود بعلبة خاصة لمعالجة هذه الإشارات الرقمية.

في حين تستخدم أنظمة SMATV المعدَّة للأقنية التمثيلية كاشف ترميز IRD ومعدل RF ملحق به، وذلك من أجل كل قنال فضائية، فإن SMATV الرقمية تحتاج فقط إلى وحدة TDT لاستقبال الإشارات المعدلة QPSK التي يرسلها مجيب Transponder فضائي دون اعتبار لعدد البرامج المرئية أو الصوتية أو المعطيات التي يحملها ذلك المجيب.

يستطيع مجيب واحد ذو عرض حزمة فضائية 27 ميغاهرتز أن يحمل موزع رقمي يحتوي على ستة أقنية رقمية أو أكثر، إضافة لأقنية الصّوت المرفقة بها، وبذلك يمكن لرأس SMATV يحمل عشر وحدات من TDT فقط أن يؤمن ما يزيد عن 60 برنامجاً تلفزيونياً رقمياً مختلفاً، إضافة لبرامج صوتية ومعطيات أخرى.

إن استخدام وحدات TDT هو الاختيار الأمثل من حيث الكلفة لمجموعة أبنية وتجمع سكني يزيد عن ثمانين منزلاً، إذ أن كلفة البنية التحتية لنظام SMATV-DTM لا يناسب عدداً من المنازل يكون أقل من ذلك. وفي هذه الحالة، يجب اختيار أحد الأنظمة SMATV-IF أو SMATV-S (شكل 23-3).



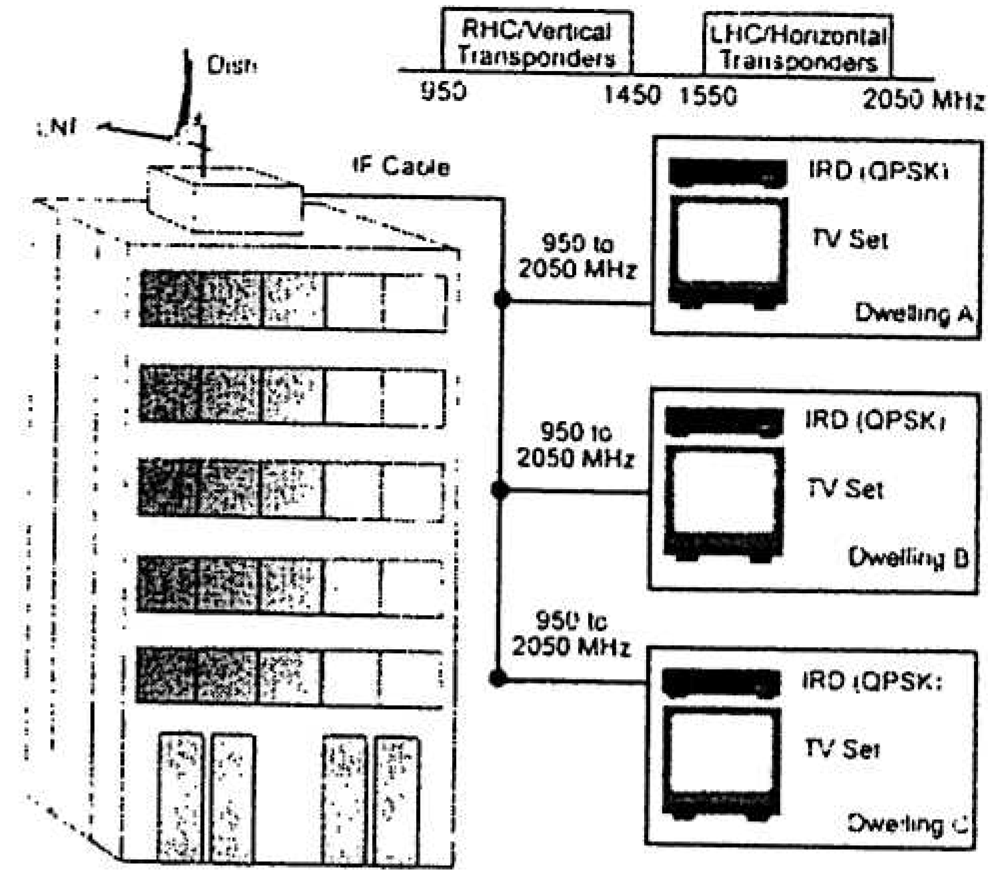
شكل 23-3 طرق توزيع الإشارة بالأنظمة SMATV-DTM ، SMATV-IF و SMATV-S

إن الأنظمة الرقمية المعتمدة للبث التلفزيوني في الولايات المتحدة وأوربا قد أتاحت لمحطات التلفزة الأرضية إمكانية بث خمس أقنية على الأكثر للتلفزيون ذو التعريف التقليدي (SDIV) وقناتين عاليتي التعريف (HDTV)، كذلك يمكن لرأس DVB-compliant SMATV استقبال إشارات معدلة QAM من الهواء مباشرة وإرسالها إلى المشتركين مباشرة دون إجراء أي تغيير في شكل التعديل. والإشارات التي يتم تحويل تردداتها فقط إلى ترددات ملاءمة لنقلها عبر الناقل يمكن فك ترميزها بواسطة علبة متوافقة مع التعديل QAM أو إظهارها مباشرة على شاشة تلفزيون رقمي في كل موقع سكني من النظام. في الولايات المتحدة وأماكن أخرى من العالم تم اعتماد نظام تعديل رقمي باستخدام 8-VSB حيث تتحول الإشارات إلى QAM عند رأس النظام SMATV قبل أن تجري عليها عملية فك ترميز بعلبة متوافقة مع QAM في كل موقع مشاهدة.

نظام التوزيع SMATV-IF

يعتمد كل من SMATV-IF و SMATV-S على استخدام التعديل QPSK، حيث يتم استقبال الإشارات الرقمية الفضائية ومن ثم يتم تحويلها إلى تردد متوسط IF خاص بالتوزيع SMATV، وكما هو الحال في نظام SMATV-DTM فإن الرأس في النظامين IF و S لا يطرأ فيه أي تبديل على الخصائص الأساسية (أي قبل التعديل أو بعد الكشف) للإشارات الرقمية الفضائية. إن جميع العلب في النظام تكون موصولة إلى هوائي وحيد عند الرأس وموجه نحو القمر الاصطناعي المطلوب. وكذلك فإن إشارات التلفزيون الأرضي يمكن توزيعها بناقل محوري باستخدام ترددات VHF و UHF أقل من 950 ميغاهرتز وهو التردد الذي يبدأ عنده توزيع الإشارة الفضائية.

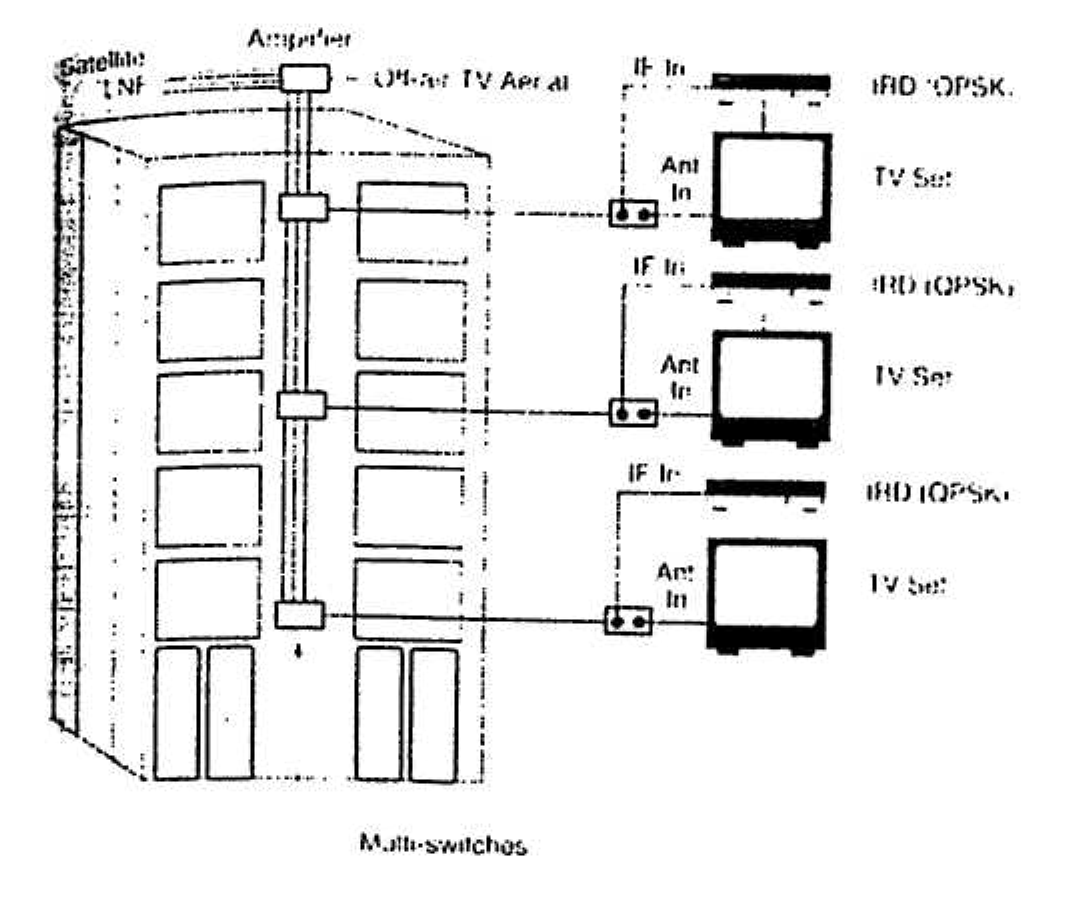
إن التوزيع SMATV-IF عبارة عن أخذ الإشارات المعدلة بطريقة QPSK عند خرج وحدة التردد المتوسط المعيارية (950 - 2050 ميغاهرتز) للكتلة LNF للهوائي SMATV. الميزة الرئيسية لهذا النوع من التوزع هو أنه لا يتطلب وجود عناصر مثل المستقبل، كاشف الترميز والمعدل RF المرافق وذلك لأنها موجودة في الرأس SMATV. بالمقابل، هناك نظام توزيع لإشارة التردد المتوسط تتم فيه المعالجة عند رأس الاستقبال حيث يتم تحويل تردد مجموعة المرسلات للقمر الاصطناعي أو حتى منظومة الأقمار ومن ثم توزيعها على خط نقل محوري مشترك (شكل 23-4).



شكل 23-4 مخطط صندوقي لنظام SMATV-IF يوضح الاستقطاب الثنائي، وخرج التردد المتوسط الوحيد من نهاية رأس الاستقبال.

هذه الطريقة "لتوزيع التردد المتوسط المعالج" تعتبر مثالية لأبنية سكنية جديدة يقل فيها عدد المنازل عن ثمانين. وإن ما تسمى كتلة LNF المتراصة الطبقات "stacked" هي التي تولد خرج IF العريض الحزمة والذي يحتوي على إشارات تستخدم كلا الاتجاهين للاستقطاب الشاقولي الذي يعتمده القمر الاصطناعي المرغوب. ويحتوي المجال الأدنى من 950 وحتى 1.450 ميغاهرتز على جميع الإشارات من استقطاب معين، في حين يضم المجال من 1550 إلى 2050 ميغاهرتز باقي الإشارات ذات الاستقطاب المعاكس. وينبغي على كل مسكن موصول إلى نظام SMATV الرقمي أن يكون مجهزاً بكاشف ترميز رقمي IRD قادراً على استقبال ومعالجة الإشارات في خرج كامل المجال IF من 950 - 2050 ميغاهرتز.

يحتاج كل مشترك أيضاً لشراء كاشف ترميز رقمي واحد أو أكثر حسب عدد الأجهزة التلفزيونية في منزله (شكل 23-5) وهذا يرفع كلفة التجهيزات الأولية لكل مشترك، ولكن بالنتيجة فإن كل مأخذ يكون موصولاً إلى صورة تلفزيونية رقمية عالية الجودة إضافة للخدمات الصوتية.



شكل 23-5 مخطط صندوقي لنظام SMATV متعدد الخارج multiswitch IF

نظام التوزيع SMATV-S

إن أهم المساوئ لنظام التوزيع SMATV-IF هو حاجته لمضخمات ومقسمات إشارة ذات كلفة عالية لأن عليها أن تغطي حزمة عريضة من الترددات المتوسطة IF (من 950 - 2050 ميغاهرتز). إن التخميد في الناقل المحوري سوف يزداد مما يفرض استخدام نواقل ذات تخميد منخفض، وربما عدداً من المضخمات على طريق سير الإشارة وذلك حسب المسافة التي على الناقل المحوري أن يقطعها.

إن الحل البديل هو نظام التوزيع SMATV-S الذي يقوم بتحويل الإشارة الفضائية الرقمية إلى إشارة تردد متوسط ضمن المجال الترددي 230 470 ميغاهرتز في أوربا، والتي يمكن إرسالها عبر شبكة توزيع التلفزيون الأرضي ذو التردد المتوسط المنخفض وبطريقة الهوائي الموحد الرئيسي SMATV، وهكذا ينبغي تجهيز كل مسكن بقالب تردد يقوم بتحويل التردد المتوسط المنخفض إلى تردد متوسط قياسي ضمن المجال المستخدم عموماً في كاشف الترميز IRD للإشارة الفضائية الرقمية.

طرق التوزيع متعدد المخارج

إن أنظمة الأقمار الاصطناعية مثل Astra و Eutelsat التي تؤمن خدمة الاتصالات لأوروبا حالياً، تعتمد ترددات الحزمة Ku لنقل البرامج التلفزيونية الفضائية و ذلك ضمن المجال الترددي من 10.7 و حتى 12.75 جيغاهرتز. لهذا السبب، لا يمكن استخدام إحدى الطرق السابقة سواءً SMATV-IF أو SMATV-S لإرسال جميع الإشارات المتوفرة ضمن ناقل محوري وحيد. بدلاً عن ذلك، يجب أن يكون الهوائي الرئيسي SMATV مزوداً بكتلة LNF عامة الاستخدام و لها أربعة مخارج IF، كل زوج من المخارج IF مخصص لمجال ترددي معين من الحزمة Ku. فهو من 10.7 و حتى 11.7 جيغاهرتز (للحزمة المنخفضة) أو من 11.7 و حتى 12.75 جيغاهرتز (للحزمة العالية). جميع الإشارات عند مخارج IF يكون لها أحد شكلي الاستقطاب الشاقولي.

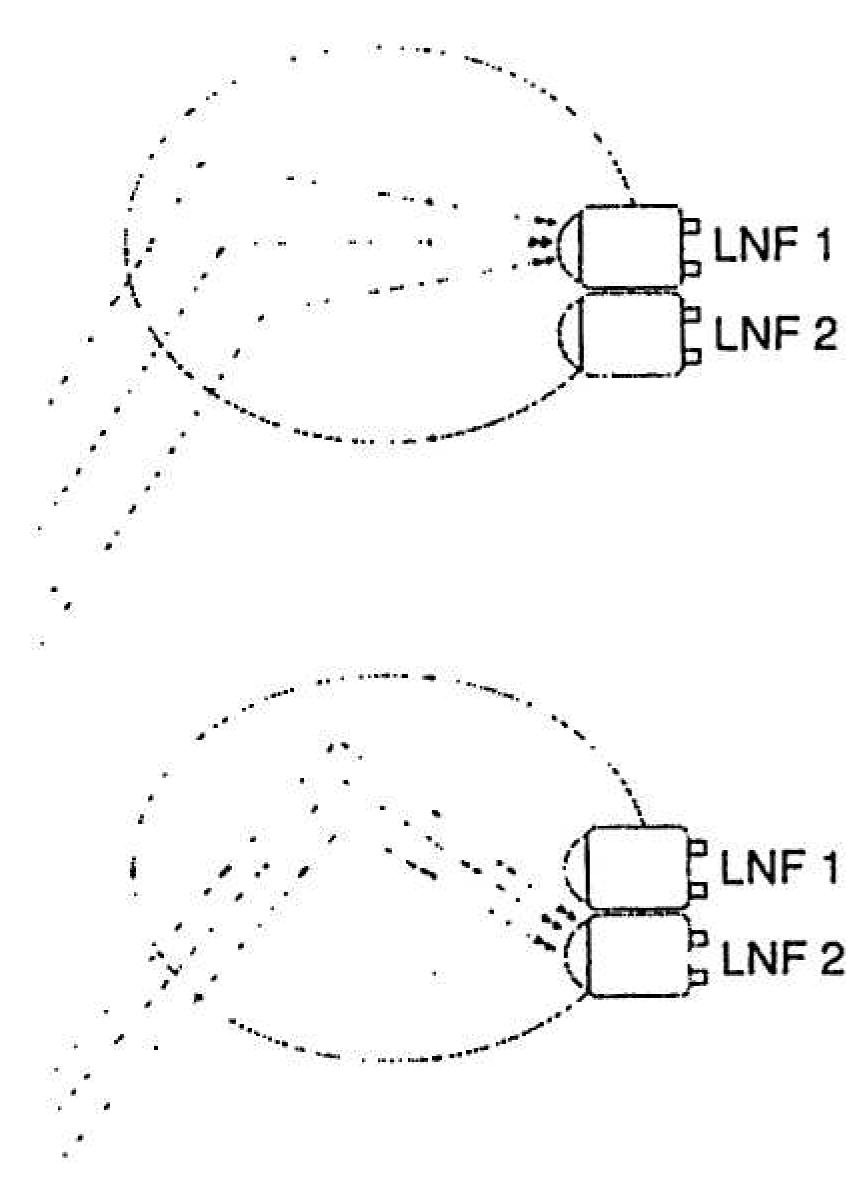
يتم وصل مخارج التردد المتوسط IF لكتلة LNF إلى علبة توزيع متعددة المآخذ multiswitch لكل طابق في البناية، و هناك ناقل محوري وحيد للتردد المتوسط يقوم بوصل علبة multiswitch في كل طابق مع كاشف الترميز الرقمي IRD الموجود في كل منزل (شكل 23-6).

شكل 23-6. مخطط صندوقي لنظام متعدد المخارج لتابعين صنعيين

في بعض الأنظمة، يستطيع كاشف الترميز الرقمي تمييز الحزمة الترددية لخرج IF من كتلة LNB و ذلك من خلال توليد و إرسال إشارة بتردد 22 كيلوهرتز عبر الناقل المحوري إلى علبة multiswitch، كذلك يمكن اختيار الاستقطاب المناسب من خلال إرسال جهد مستمر إلى العلبة يتبدل بين 17 و 13 فولت. إن هذه الطريقة ملائمة لتجمعات سكنية حديثة، تضم أقل من 20 منزلاً ويتوفر فيها إمكانية لتمرير الكابلات ولتركيب العلب متعددة المفاتيح multiswitches، هناك مآخذ حائطية تسمح بوصل كل جهاز تلفزيوني أو كاشف ترميز لكل مشترك في النظام بحيث يستقبل جميع الأقنية التلفزيونية الأرضية و الفضائية المتوفرة في الموقع السكني.

يمكن أيضاً باعتماد هذه الطريقة في توزيع الإشارة التلفزيونية، استقبال الإشارات الرقمية من أكثر من تابع صنعي متوضع على أكثر من مدار، و يستخدم في هذه الحالة هوائي عنى شكل قطع ناقص مجهز بأكثر من مغذي بوقي أو عدة وحدات LNFs، و هكذا، يمكن لهوائي واحد استقبال الإشارات من قمرين متجاورين في نفس الوقت و أحياناً ثلاثة أقمار.

إن أي هوائي على شكل إهليلجي ذو تقعر بسيط نسبياً، يمكن أن يشكل عدة نقاط محرقية، تستقبل كل نقطة محرقية ثانوية الإشارات الواردة بزوايا تنحرف عن المحور الرئيسي للتناظر (شكل 23-7).

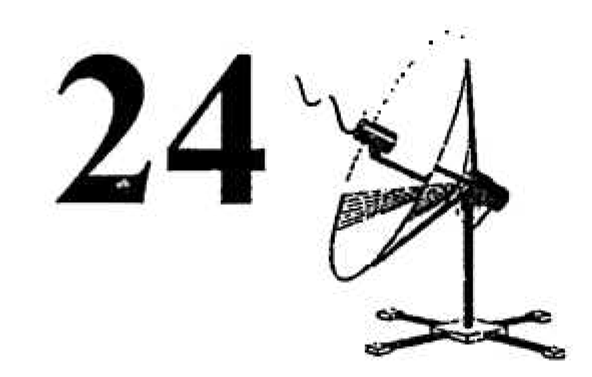


شكل 23-7 هوائي SMATV يعتمد فكرة وجود عدة وحدات LNF و ذلك من اجل استقبال إشارتين من قمرين اصطناعين في الوقت ذاته.

أنظمة SMATV التي تعتمد الألياف البصرية

تتوفر إمكانية وصول الأقنية الرقمية إلى عدد كبير من المشتركين بهوائي واحد باستخدام الألياف البصرية، و يعتبر ذلك حلاً مقبولاً من الناحية الاقتصادية لأن أنظمة توزيع الإشارة بواسطة الناقل المحوري هي صعبة التحقيق و مكلفة في الأبنية الضخمة.

في هذه الحالة، يعتمد نظام SMATV مرسلاً للحزمة L باستخدام الألياف البصرية و مستقبلاً مصمماً خصيصاً لتطبيقات المآخذ المتعددة multiple dwelling unit (MDU). يقوم مرسلٌ وحيدٌ مخصصٌ للعمل مع الألياف البصرية بإرسال كلا النوعين من استقطاب الحزمة L، و يمكن لمستقبلات متوافقة معه متوضعة في نقاط توزيع ثانوية التقاط الإشارات الرقمية المرسلة. وتتميز نواقل الألياف البصرية بإمكانية نقل الإشارة لمئات الأمتار دون تخميد يذكر، و هو عموماً أقل من 1 dB من أجل ترددات تصل إلى 2.050 جيغاهرتز، و يمكن أيضاً استخدام مجمعات ثنائية Diplexers لتجميع إشارات القمر الاصطناعي مع الإشارات الأرضية بالتوافق مع الشبكة العادية لمقسمات الاستطاعة و/أو نقاط الربط مع الوحدات السكنية المتفرقة.



24

إنشاء طاولة اختبار

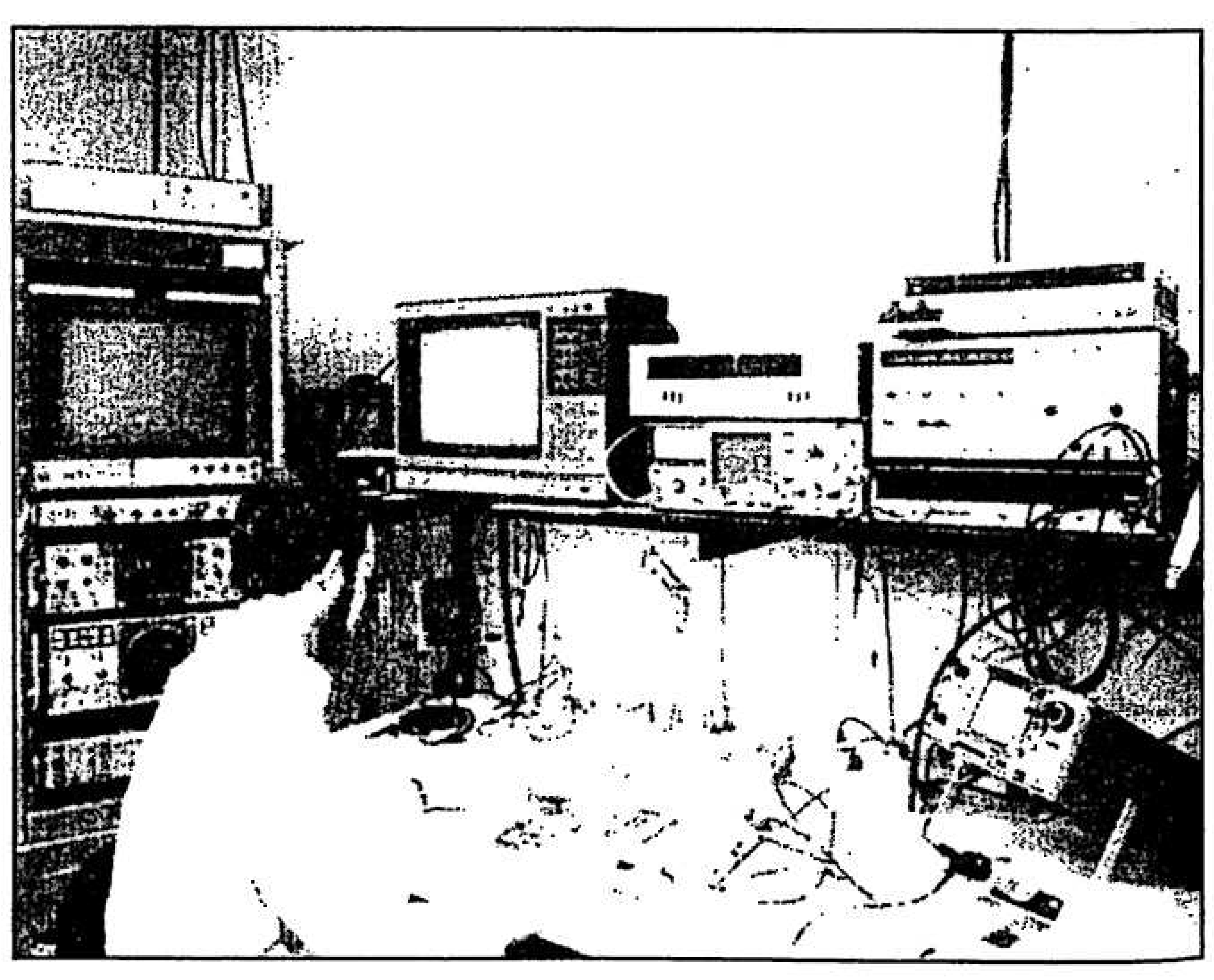
بالرغم من محاولة الهواة استخدام طاولات المطبخ، وطاولات النزهة، أو أرضية غرفة المعيشة، وأسرة غرف النوم في إصلاح التجهيزات، فإن التجربة بينت بأنه لا شيء أفضل من طاولة خدمة مصممة خصيصاً للاختبار، حتى لو كانت بسيطة.

في الحقيقة، يمكن لطاولة الاختبار أن تدر نفعاً كبيراً إذا كانت منظمة بشكل صحيح، حيث يمكن نزع الغطاء العلوي عن مستقبل الأقمار الفضائية و وصل الوحدة المختبرة إلى عدة الاختبار في أقل من دقيقة واحدة.

طاولة الاختبار

في الحد الأدنى، ينبغي أن تحتوي طاولة الاختبار على مساحة واسعة وكافية لتلائم وبشكل مريح أضخم المستقبلات التي تحتاج للإصلاح. إن مساحة العمل المثالية هي بحدود 56 سم عمق و 76 سم عرض (22×30 بوصة). في هذا الحجم، تكون عدة الاختبار الأكثر استخداماً في متناول اليد مع أقل جهد ممكن.

ينبغي ترك حيزاً من الفراغ للوحدة الموضوعة تحت الاختبار UUT (Unit Under Test). هذا الفراغ هو ما تحتاجه عدة الاختبار لأداء وظائفها. كقاعدة عامة، يجب أن يكون عمق الرف العلوي لطاولة الاختبار 61 سم (24 بوصة). و يجب ترك فراغ حول UUT في كل الاتجاهات بمقدار 76 سم.عندما يتم تأسيس طاولة العمل من نقطة الصفر، فإنه يجب قياس أبعاد أجهزة الاختبار ومن ثم تصميم فراغ العمل طبقاً لذلك.



شكل 24-1. طاولة اختبار. طاولة الاختبار المرتبة بشكل جيد يجب أن تحتوي مقياس جهد رقمي DVM، راسم إشارة ثنائي الأقنية، تلفاز، شاشة إظهار فيديو، شاشة إظهار شكل الموجة، نظام ستيريو، مقياس استطاعة، عداد تردد، مقياس سعة مكثف، ماسح ترددي Sweeper و مخمد 4 جيغاهرتز مع نظام تغذية.

يفضل العديد من الفنيين أن تكون طاولة الاختبار على شكل زاوية. يمكن أن تكون هذه الزاوية أكثر فاعلية عندما يتم تخزين عناصر مثل ، ديـودات، ترانزستورات، دارات متكاملة ومكثفات ومنصهرات في أماكن مخصصة على يمين الطاولة.

ليبقى حاضراً في الذهن، أنه عند تنظيم طاولة الاختبار يجب إنشاؤها بحيث يكون كل شيء في متناول اليد. إن معظم الناس يصلون بسهولة لمحيط يبعد عنهم حوالي 70 سم/(28 بوصة). و لهذا السبب فإنه يجب إنشاء الطاولة بحيث تقع كل القطع والقواطع المستخدمة في عدة الاختبار على بعد 70سم من منتصف الواجهة الأمامية للطاولة.

من أجل الأشخاص اليمينيين: يجب أن تقع جميع العناصر التي يحتاجونها أو يضبطونها بشكل متكرر في المنتصف أو على الجهة اليمنى والعكس بالعكس.

إن الارتفاع العادي للطاولة هو حوالي 80 سم (32 بوصة). عند هذا الارتفاع، يمكن استخدام كرسي سكرتارية أو مكتب. من الأفضل امتلاك كرسي دوار وأيضاً يمكن استخدام كراسي مطبخ وحتى الصناديق الخشبية المعدة للشحن يمكن استخدامها.

سطح منطقة العمل

في حال شراء أو إنشاء طاولة الصيانة، ينبغي أن يكون سطح منطقة العمل ناعماً بحيث لا يخدش الوحدة أو الجهاز الموضوع تحت الاختبار. إن السطح الجيد هو السطح المفروش بغطاء بأبعاد 66×76 سم مثبتة في المكان ومشدودة إلى الحافة الأمامية من الطاولة بحيث تحمي الوحدة الموضوعة تحت الاختبار من الانزلاق عن الطاولة، كما تحفظها من الخدش عندما توضع بشكل جانبي أو بشكل مقلوب (السطح العلوي إلى الأسفل). و يمكن استخدام فرشاة شعر جافة رخيصة لتنظيف بقع القصدير والغبار المتجمع على السطح.

الإضاءة

يجب تجنب أضواء مصابيح النيون (الفلوريسانت). هذه الأضواء تضعف الرؤية على التلفازات وشاشات الإظهار وتجعل مجال قراءة مقاييس الجهد الرقمية ذات شاشات الإظهار ومظهرات شكل الموجة أكثر صعوبة. إن الخيار الأفضل للضوء هو الضوء غير المباشر و المنعكس من فوق أو من جانب منطقة العمل. يمكن اعتماد الضوء المباشر باستخدام لمبة ذات حمالة دوارة أو مكبرة. هذه الطريقة في الإضاءة تقلل من فرص الحَوَل وتخفيف الرؤية.

التغذية الكهربائية

إن منبع الطاقة المتناوب يجب أن يكون عبارة عن ثلاثة مآخذ مؤرضة تغذى من قاطع تفاضلي مخصص للمحل. إن لوحة واحدة بعشرين أمبير كافية من أجل تأمين كافة احتياجات الطاقة لطاولة اختبار نموذجية.

يجب أن تكون مآخذ التغذية متوضعة إلى الخلف وعلى امتداد الطاولة وذلك لتغذية جميع أجهزة الاختبار إضافة إلى الوحدة الموضوعة تحت الاختبار (UUT).

إن وجود مرشح الدخل المتناوب والواقيات من الصواعق بالإضافة إلى مرشح الضجيج، هام من أجل جهاز الاختبار. إن كل مرشحات التغذية لها تيار أعظمي ويجب اختيار المرشح الذي يسمح بمرور تيار أعلى من التيار الأعظمي المتوقع في المناطق التي يتغير فيها جهد التغذية باستمرار: تستخدم محولة آلية لتزود أجهزة اختبار وUUT بالطاقة حيث يتم ضبط جهد التغذية بواسطة Variac لتثبيته عند الجهد الإسمي.

تجهيزات الاختبار

لفحص وإصلاح جميع أنواع المستقبلات الفضائية وعناصرها، هناك حاجة لاستثمار رأس مال ضخم لتأمين أجهزة الاختبار. غير أنه يمكن إنقاص القائمة التي نحتاج إليها وخفض النفقات المرتبطة بها بشكل كبير إذا كانت، عناصر الأمواج الميكروية مثلاً هي فقط التي سيتم فحصها وإصلاحها.

إن قائمة تجهيزات الاختبار الموجودة في الجدول 24-1 والفهم الجيد لإلكترونيات المستقبلات التلفزيونية ينبغي أن تمكن التقني من فحص وإصلاح معظم المستقبلات وعناصر التحكم.

من الواضح أنه ليس بوسع كل شخص إنفاق من 6 إلى 12 ألف دولار على تجهيزات الاختبار. ولكن أي شخص جاد في إصلاح مستقبلات الأقمار الفضائية وملحقاتها يجب أن يملك على الأقل فولتمتر رقمي، راسم إشارة بسرعة مسح 35 ميغاهرتز على الأقل، محلل طيف، جهاز تلفزيوني قابل للتوليف الآلي. هذه التجهيزات مقرونة بخلفية إلكترونية جيدة تسمح بتشخيص معظم المشاكل التي يمكن أن تحدث في مستقبلات التوابع الصنعية.

TABLE 21-1. SUGGESTED SERVICE BENCH TEST GEAR

Test Equipment (in order of importance)	Example Company	Model	Approx. Price (US $)
1. Multimeter	Numerous manufacturers		20.00
2. DMM (Digital Multi-Meter)	Beckman	DM25	90.00
3. Oscilloscope	Ramsey	3500	500.00
	Hitachi	V-422	690.00
4. Spectrum Analyser	Avcom	PSA-35	1970.00
5. 17" or 19" Synthesised tuning TV	RCA, Zenith, etc.		300.00
6. Stereo Amplifier and Speakers	"name brand"	35W/side	300.00
7. Frequency Counter	Ramsey	CT-901	50.00
8. Signal Generator	Comtest	1470	3400.00
9. 70 MHz Sweeper	Comtest	1470	3400.00
	Avcom	IFSG-70	932.00
10. Transistor Checker	B & K	510	132.00
11. Waveform Monitor	Leader	5860 A	1850.00
12. Distortion Analyser	Leader	LDM-1706	20.00

ACCESSORIES FOR THE FULLY EQUIPPED TEST BENCH

Component Description	Model	Approx. Price (US $)
Standard dish		
Feedhorn		
50 dB gain LNA		
Standard receiver/downconverter		
Actuator		
4 GHz 2-way splitter/power inserter	Avcom 50 D-2DC	50.00
4 GHz waveguide adapter	Avcom WCA-4	78.00
4 GHz pads (3, 6, 10, 20 dB)		

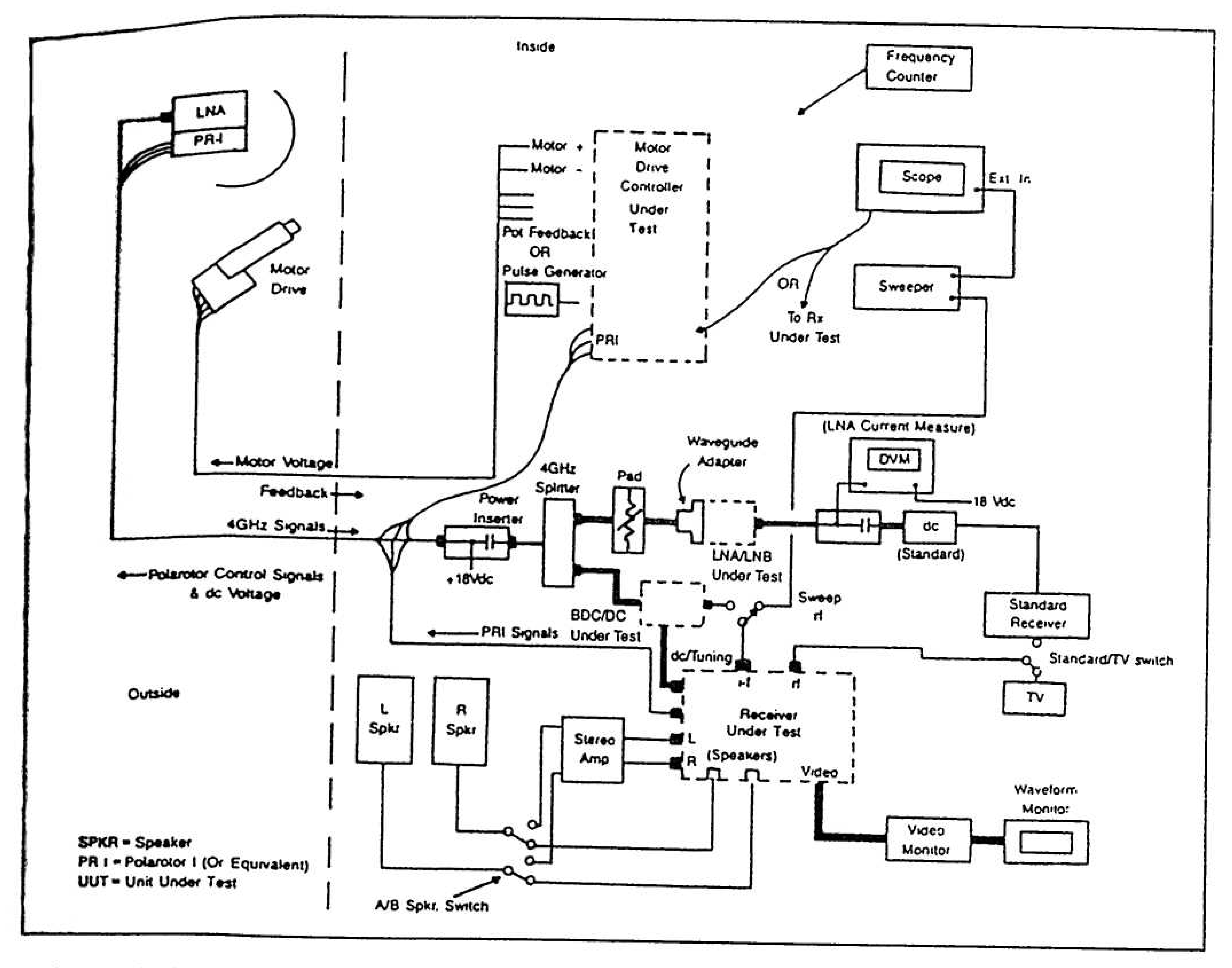
جدول 24-1. يبين قائمة نوعية -بحسب الأهمية- لتجهيزات الاختبار التي يحتاجها الفني لفحص وإصلاح أنظمة الأقمار الفضائية المنزلية. إن قائمة الأسعار تم عرضها فقط من اجل المقارنة.

يظهر الشكل 24-2 رسماً تخطيطياً لإنشاء طاولة خدمة شاملة (انظر أيضاً الشكل 24-3). لاحظ توفر إشارات 4 جيغاهرتز كإشارات دخل و هذا ضروري لكي يتم فحص الكتل LNCs, LNBs, LNAs، إضافة إلى كتل خفض التردد التي يمكن اختبارها داخلياً وتجنب حمل العنصر المشتبه به للخارج من أجل وصله بقرص الهوائي. إن العنصر الميكروي الوحيد الذي من الضروري إخراجه من أجل اختباره عند الهوائي هو كتلة LNB ذات التردد 12GHz. إذ أن نقل الإشارة 12GHZ في خط نقل من النموذج RG-214 ليس حلاً مناسباً.

حسب حجم الهوائي، فإن إشارة الحزمة C ذات المستوى 90dBm تقريباً يجب أن تستقبل عند قمع التغذية. و إن ربح 50dB لكتلة LNA يعزز إشارات ترددها 4 جيغاهرتز إلى حوالي 40dBm-. عند هذا التردد سيكون الفقدان RG-214 حوالي 6,71dB لكل 100 متر. وهكذا بعد انتقال الإشارة مسافة 300 متر فإن المستوى سيهبط إلى 60,1dB- (40- 3×6.71-) عند مدخل الاستطاعة على الواجهة الخلفية للمستقبل. هذا المستوى يكون مقبولاً لمعظم كتل خفض التردد، بالرغم من أن الصورة لن تكون صافية كما هو الحال حين يكون الدخل أعلى قليلاً (نموذجياً حوالي 50dBm-).

هناك حاجة لمستوى أعلى للإشارة من أجل القيادة المناسبة لبعض كتل خفض التردد. و يمكن تحسين الوضع عن طريق تحقيق وصلة قصيرة باستخدام الناقل RG-214. إذا كانت هناك حاجة لاستخدام وصلة RG-214 بطول أكبر من 50 قدم، فإن وجود مضخم للإشارة 4GHZ سوف يحسن مستوى هذه الإشارة. إذا لم يتوفر المضخم فإنه يتعين استخدام قاعدة ملاءمة مع دليل موجة ومن ثم كتلة LNA ثانية لتحسين هذه الإشارات.

إن استخدام LNA ذو حرارة ضجيج 60K° رخيص الثمن كـ LNA يعتبر كافياً، لأن رقم ضجيجه ليس له أي تأثير تقريباً على رقم ضجيج النظام.إن ضجيج النظام يتوقف بشكل رئيسي على مساهمة ضجيج قرص الهوائي وحرارة ضجيج LNA الأول.



شكل 24-2. مخطط لطاولة اختبار مرتبة جيداً. طاولة الاختبار هذه مصممة لاكتشاف الأعطال وصيانتها في وحدة قيادة المحرك. مضخمات الضجيج المنخفض. خافضات التردد. والمستقبلات من أي نوع مصنع.

عند استخدام LNA كمضخم خط أو عند اختبار كتلة LNA سوف تحدث ومضات تعبر عن حالة انتقالية لتشغيل أو وقف تشغيل المضخم LNA. إن مخمدات 4GHz يمكن استخدامها لتحديد نقطة العمل إذ تستطيع هذه المخمدات إحداث تضعيف لخرج مقسم الاستطاعة 66dBm- تقريباً ليصبح بين 70 و 80dBm-.

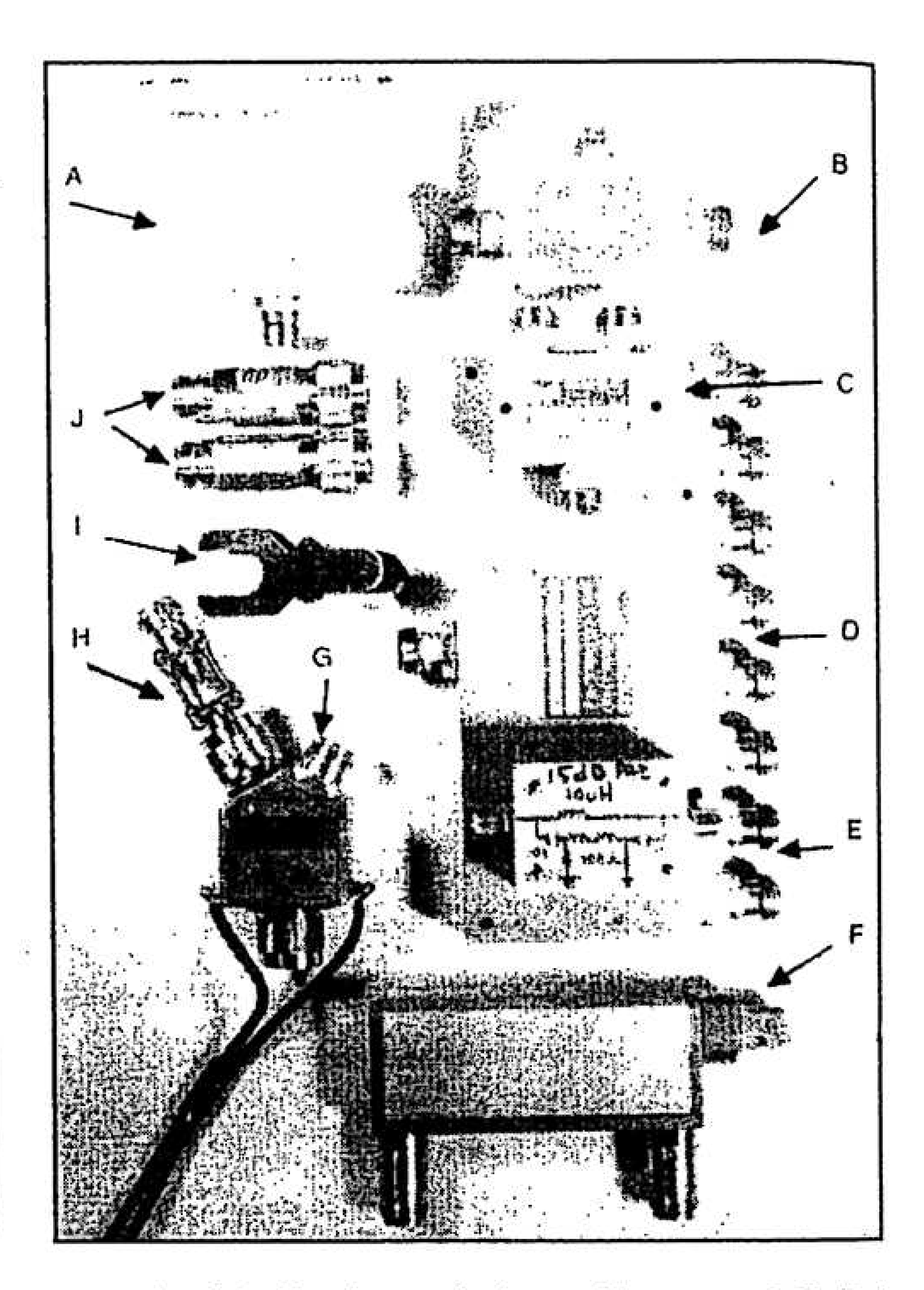
إذا سمحت الميزانية أو إذا كانت الأفضلية هي اختبار LNA، فإنه يُستخدم مخمد خطوي 4GHz متدرج. هذا المخمد يتألف عموماً من عشر مخمدات في علبة واحدة ويمكن اختيار المخمد المناسب حسب الحاجة. إن التقيد باستخدام مثل هذه العلبة مكلف جداً حيث تبلغ كلفة النموذجين المتوفرين من Hewlett-Packard وهما 1dB/Step و10dB/Step حوالي 600S لكل منهما. إن كلاً من الشكلين 24-4 و 24-5 يظهر إجراءات بسيطة لاختبار الكتل LNBs والمستقطبات.

محدد تيار رخيص الكلفة

أحد أدوات عدة الاختبار هو محدد تيار رخيص ذاتي العمل. هذا العنصر له أهمية للتقنيين الذين لا يرغبون باستبدال المنصهرة عند أي زيادة للتيار نتيجة دارة قصر في منبع التغذية الشكل 24-6 يبين رسماً تخطيطياً لهذا المحدد.

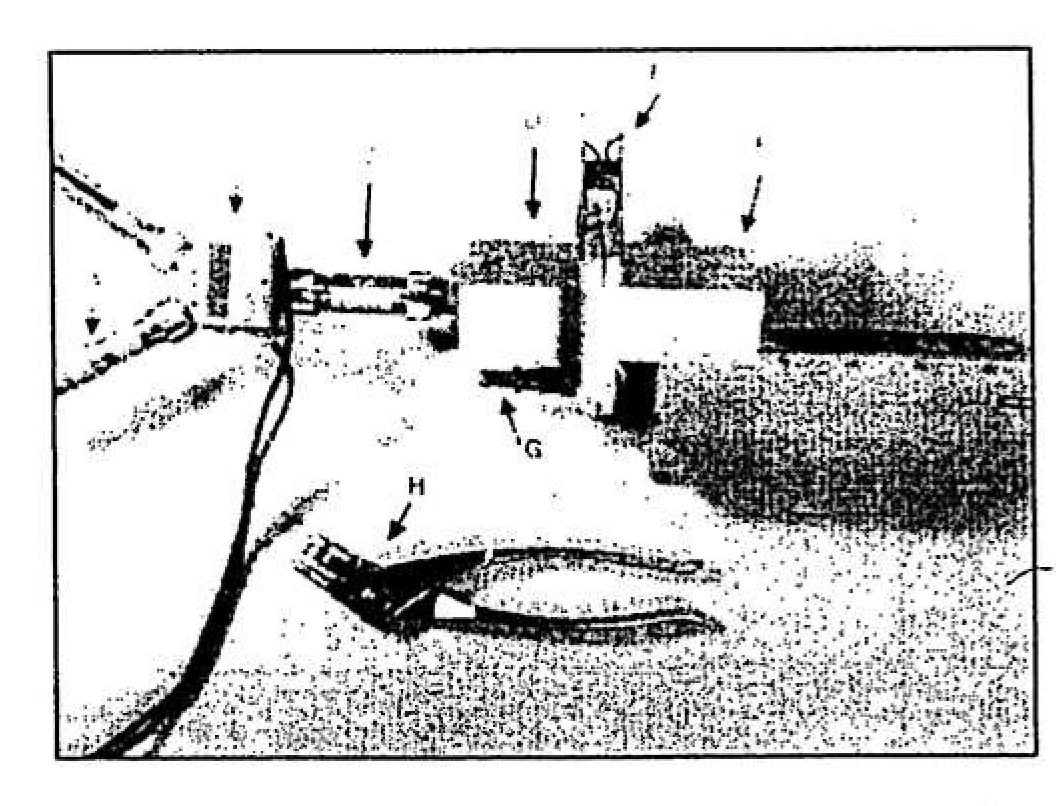
إن محدد التيار الرخيص هو عبارة عن مصباح 40 وات و مقاومة 1 أوم، 10 وات موصولة على التسلسل مع أحد السلكين لناقل تيار متناوب. تستخدم المقاومة مع مقياس الجهد لحساب التيار المار عبر الوحدة تحت الاختبار UUT، إن التيار المار بالأمبير يساوي هبوط الجهد على المقاومة. يتم وضع المقاومة في علبة بلاستكية بحيث يتم عزلها وتزويدها بمأخذين عموديين على طرفيها لسهولة وصل مقياس الجهد.

إذا لم تحدث حالة قصر في وحدة UUT، فإن المصباح بالكاد يتوهج لأن معظم المستقبلات تمرر تيار صغير. إلا أنه إذا حدث قصر داخلي في وحدة UUT، فإن المصباح سيتوهج بشدة وببريق أكبر بسبب مرور تيار أكبر.

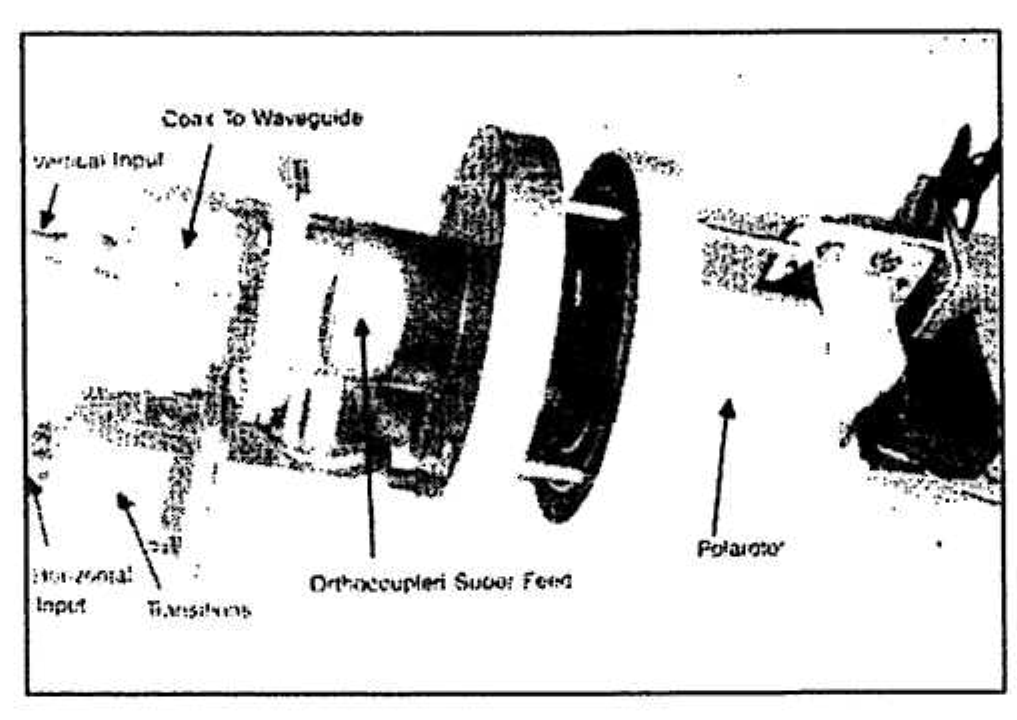


شكل 24-3. مجموعة ملاءمة. هذه المجموعة لربط انماط مختلفة من مركبات الأقمار الفضائية وهي تتضمن ملائم دليل موجة. مآخذ تغذية. مقسم استطاعة من 2-8 منافذ. مسند 70MHz، مخمد خطوي 4GHz. مفتاح محوري، كتلة DC. كلاب لتثبيت LNB ومخمدان.

بدون المصباح الذي يمتص الزيادة في التيار فإن المنصهرة ستحترق. عند عمل المصباح، يكون الجهد الهابط في المستقبل منخفضاً جداً بسبب هبوط الجهد على المصباح المضاء. وهكذا، يمكن إجراء مقارنات للجهود لتحديد مكان القصر. بشكل عام، فإن انصهارالفاصمة سيكون سببه شيء ما (عطل أو قِصر) في المحول أو في دارة التقويم. في كل مرة يتم فيها اكتشاف العنصر المعطوب واستبداله يتم بعدها وصل UUT مرة ثانية مع محدد التيار لاستكمال عملية الإصلاح. إذا أضاء المصباح بشكل خافت، فإن القصر يكون قد جرى تصحيحه. يتم وصل وحدة UUT من جديد لإتمام عملية الفحص.



شكل 24-4. عملية اختبار من اجل مضخم ضجيج منخفض. تتم هذه العملية بوجود دخل شاقولي و دخل افقي. مفتاح 4GHz، مخمد وملائم دليل موجة. يمكن مشاهدة نموذجين من مثبتات دليل الموجة: نموذج ملقط الثياب (E) والنموذج النابضي (G). يحتاج الأخير إلى أداة خاصة.

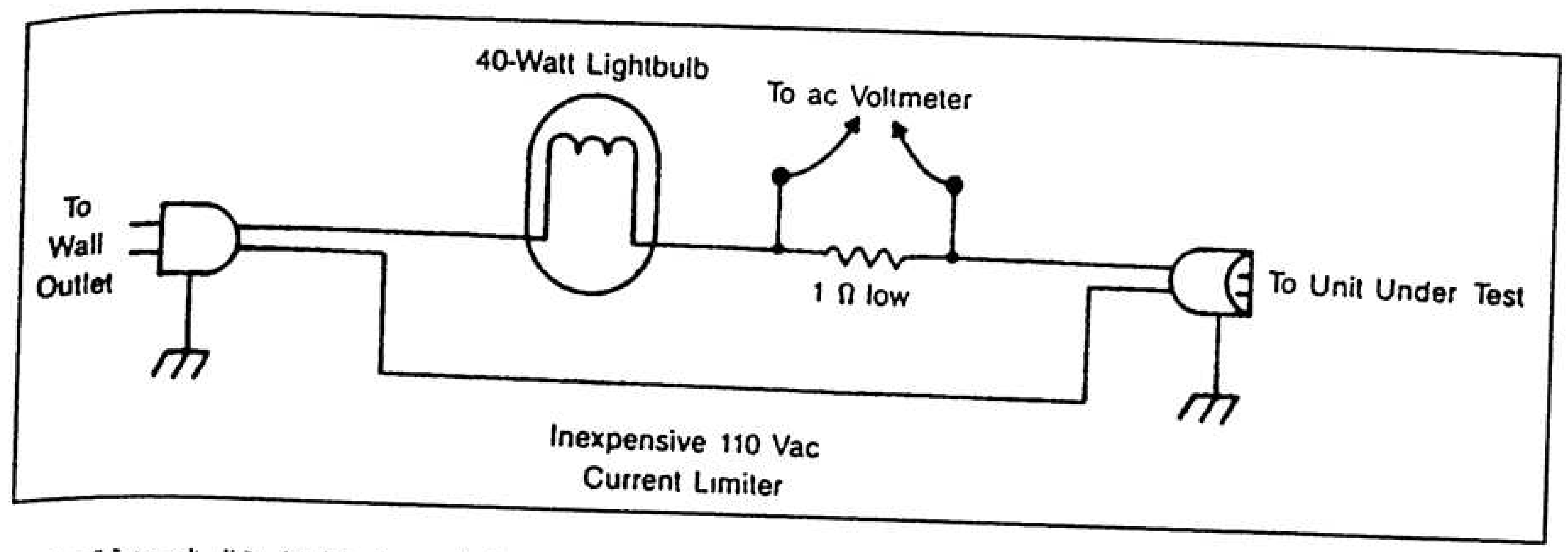


شكل 24-5. طريقة لاختبار عملية الاستقطاب. هذه الطريقة توضح تصميماً لاختبار كلاً من مستقطبات الإشارة ودارة تحكم للاستقطاب الميكانيكي.

استعمال المقياس الرقمي DMM

إن القاعدة الأولى في إصلاح الأعطال هي الفحص الدائم لمنبع التغذية. إن المقياس الرقمي متعدد الأغراض DMM أو مقياس الجهد الرقمي DVM يمكن استخدامه لقياس منبعي التغذية المتناوبة والمستمرة. فمعظم هذه الأجهزة تستطيع قياس كلا التيارين المتناوب والمستمر. بعض الأجهزة DMM لها إمكانية فحص المكثفات والديودات.

في المناطق الريفية، هناك إمكانية لحدوث تغيرات كبيرة في جهد الشبكة وهذا يختلف حسب ساعات النهار والوقت من السنة كذلك يعتمد على الطقس. إن الجهد المنخفض يجعل المستقبلات تعمل بشكل متقطع أو تتوقف عن العمل نهائياً، كذلك يمكن أن تفقد الذاكرة أو تعمل بطريقة غير عادية.



شكل 24-6. محدد تيار رخيص. يتألف هذا المحدد البسيط من مصباح 40 وات يربط على التسلسل مع خط التغذية إلى الوحدة تحت الاختبار. إذا حدثت حالة قصر، فإن المصباح سوف يمتص التيار. وفي الحالات العادية فإن اللمبة تضيء بالكاد مشيرة إلى أن الوحدة لا تمرر تيارا متزايداً. إذا وصل مقياس جهد على طرفي المقاومة 1 أوم فإن التيار الكلي المار عبر الوحدة يمكن قياسه.

لتحديد فيما إذا كان المحل يواجه مشاكل انخفاض الجهد، فإن جهد الشبكة AC يجب أن يقاس عدة مرات خلال اليوم. إذا هبط الجهد حوالي 10% من جهد الشبكة الأسمي، فإنه يمكن استخدام Vaiac أو محول أوتوماتيكي. يسمح هذا العنصر بضبط الجهد يدوياً (عموماً من 0 فولت إلى 240 فولت)، بحيث يبقى جهد تغذية المستقبل يتراوح من 205 إلى 225 فولت متناوب عندما يكون جهد الشبكة 220 فولت.

يعمل المحول الآلي على تثبيت جهد الشبكة عندما تكون تغيرات الجهد 25 فولت مستمر زيادة أو نقصاناً وبالتالي يبقى جهد الخرج عند الجهد الأسمي.

يمكن وصل الوحدة UUT عندما يكون جهد التغذية مستقراً. إن الخطوة الأولى يجب أن تكون بفحص المخطط الكهربائي من أجل نقاط الجهد الاختبارية. بدون المخطط الكهربائي، فإن المكان الأول الواجب فحصه هو خرج جسر التقويم.

معظم المستقبلات تستعمل مقوم موجة كاملة جسرية وفي بعض الأحيان يتم استخدام أربعة ديودات بدلاً عن شريحة جسرية. النتيجة هي نفسها. إن خرج المقوم الجسري المستمر يساوي 1.4 ضرب جهد الدخل المتناوب. وهكذا إذا كان خرج المحولة 14 فولت متناوب، فإن خرج المقوم الجسري يجب أن يكون حوالي 19.6 فولت مستمر. هذا الجهد الغير منظم يتم تنظيمه بعنصر يدعى بمنظم الجهد. يأخذ منظم الجهد خرج المقوم الجسري والذي يحتوي على بعض تموجات خط التغذية عند تردد 100 أو 120 هرتز ويعطي جهداً مستمراً نظيفاً مع قيمة تموج صفرية. هناك شرط واحد فقط يجب تحقيقه وهو أن يكون فرق الجهد بين الدخل والخرج يساوي على الأقل 3 فولت.

تستخدم منظمات الجهد لتنظيم الجهد المستمر في جميع مستقبلات الأقمار الفضائية تقريباً. هذه المنظمات رخيصة وفعالة وتستخدم عدداً قليلاً من العناصر. لسوء الحظ، فإن المطلوب هذه المنظمات أن تمرر كل التيار اللازم لعمل المستقبل. وهكذا كلما كان فرق الجهد بين الدخل والخرج أكبر كلما أصبح المنظم أكثر حرارة. في الحقيقة، إن حرارة العلبة لمعظم المستقبلات ناتجة عن منظمات الجهد التي يهبط عليها جهد مقداره 10 فولت أو 12 فولت عوضاً عن 3 أو 4 فولت.

إن المقاييس DMM/DVM تستخدم أيضاً لقياس جهود الضبط الآلي للتردد AGC والضبط الآلي للربح AFC وجهودا أخرى. هذه القابلية هي ميزة مقارنة بمقاييس الجهود التشابهية (Voms أو Vtvms). كمثال، عندما يقرأ المقياس VOM جهداً يزيد قليلاً عن 9 فولت، فإن المقياس الرقمي سوف يعطي قيمة دقيقة للجهد تساوي 9.235 فولت.

راسم الإشارة Oscilloscope

هناك اختلاف حول الجهاز الأكثر أهمية، هل هو راسم الإشارة أم مقياس الجهد الرقمي DMM كأداة القياس الأهم في عملية اكتشاف الأعطال. في الواقع، كل منهما له استخداماته الخاصة إذ يقوم راسم الإشارة بقياس الجهد مثل DMM لكنه يظهر الجهد كتابع للزمن. لهذا، فإن موجة متناوبة تكون قيمتها 5 فولت في DMM، هي في الواقع حوالي 7 فولت من القمة إلى القمة. وسوف تظهر الموجة الكاملة على شاشة الإظهار.

برؤية شكل الموجة على الراسم، يكون ممكناً رؤية مطالها وترددها. وكذلك يمكن رؤية أي ضياع، أو انزياح ترددي، أو إشارات ثانوية أو أنواع أخرى من الضجيج.

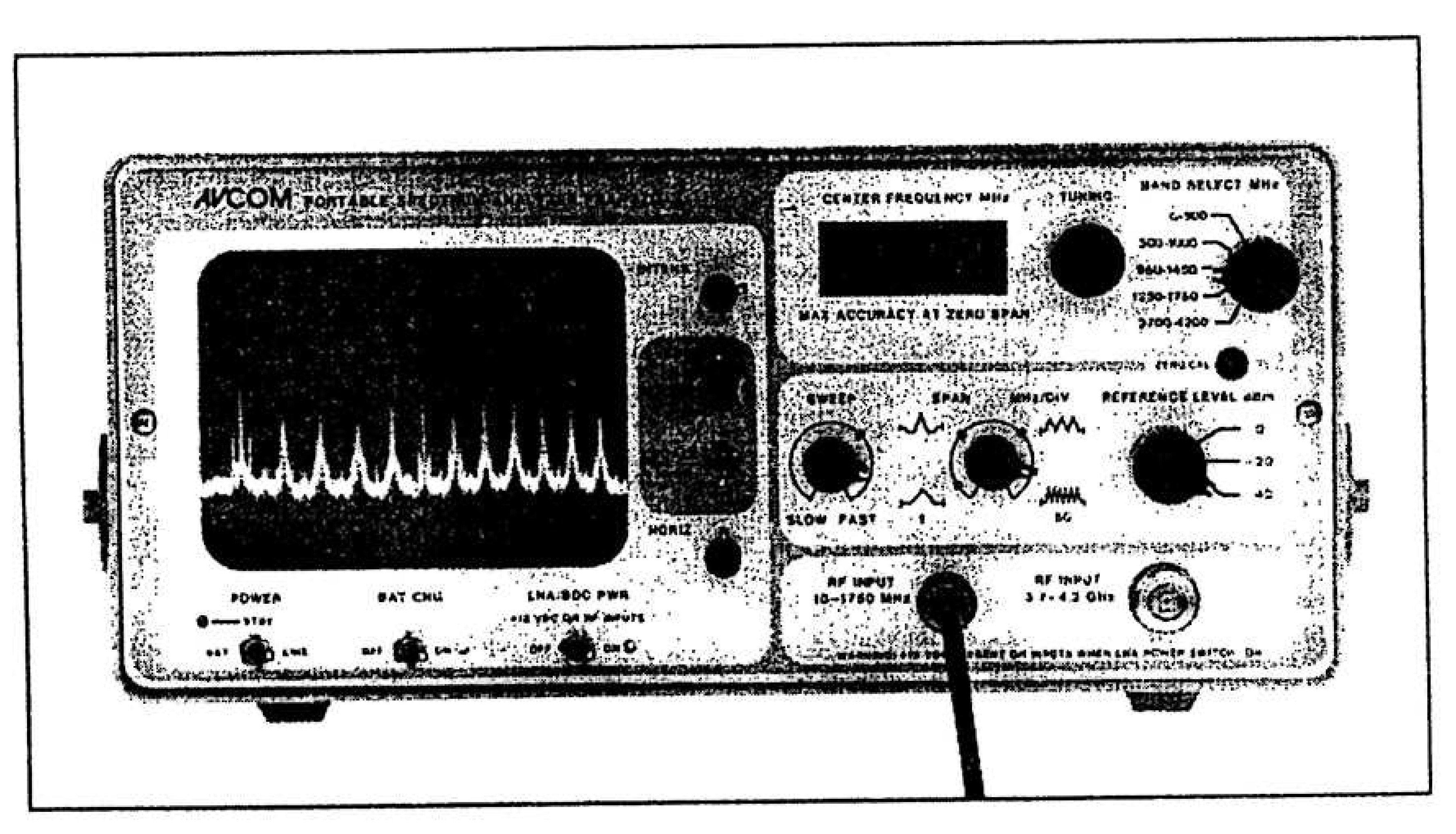
في الرواسم ذات سرعة المسح 35 ميغاهرتز وأكثر، يمكن ملاحظة شكل الإشارات المرئية. كمثال على ما يمكن أن يشاهد عند عرض الإشارة المرئية يمكن أن يوجد في أية مجلة تقنية حول المستقبلات. و تظهر عادةً صورة للإشارة VITS وهي إشارة اختبار المجال الشاقولي. إن أحد مكونات

إشارة الـ VITS يتألف من خمس رشقات متزايدة التردد. إن أعلى الرشقات (بالنسبة لبعضها البعض) تشير إلى الاستجابة الترددية للمستقبل.

محلل الطيف Spectrum Analyser

يشبه محلل الطيف راسم الإشارة من ناحية وجود شاشة إظهار لشكل الموجة. و الاختلاف بينهما هو أن محلل الطيف يظهر الجهد بدلالة التردد، بينما يظهر راسم الإشارة الجهد بدلالة الزمن (انظر الشكل 24-7). لهذا، فإنه يمكن مشاهدة الطيف الكلي للترددات على شاشة المحلل.

كمثال: إذا تم وصل محلل الطيف إلى خرج الكتلة، تم ضبطه بحيث يكون التردد المتوسط IF في مركز الشاشة، فإن مطال أية إشارات تقع في المجال 30 ميغاهرتز زيادةً أو نقصاناً سوف يكون ظاهراً. إذا ظهرت ومضات عريضة عند 10 ميغاهرتز زيادةً أو نقصاناً فهي ستكون مؤشراً واضحاً على وجود التداخل الأرضي TI. إن كشف التداخل الأرضي هو أحد الاستخدامات الرئيسية لمحلل الطيف. يستخدم المحلل أيضاً لفحص مستويات الخرج للكتل LNAs ،LNBs ،LNCs، ولفحص خافضات التردد الكتلية وخافضات التردد. ويمكن بواسطة المحلل فحص الهزاز المحلي أيضاً لهذه المكونات.



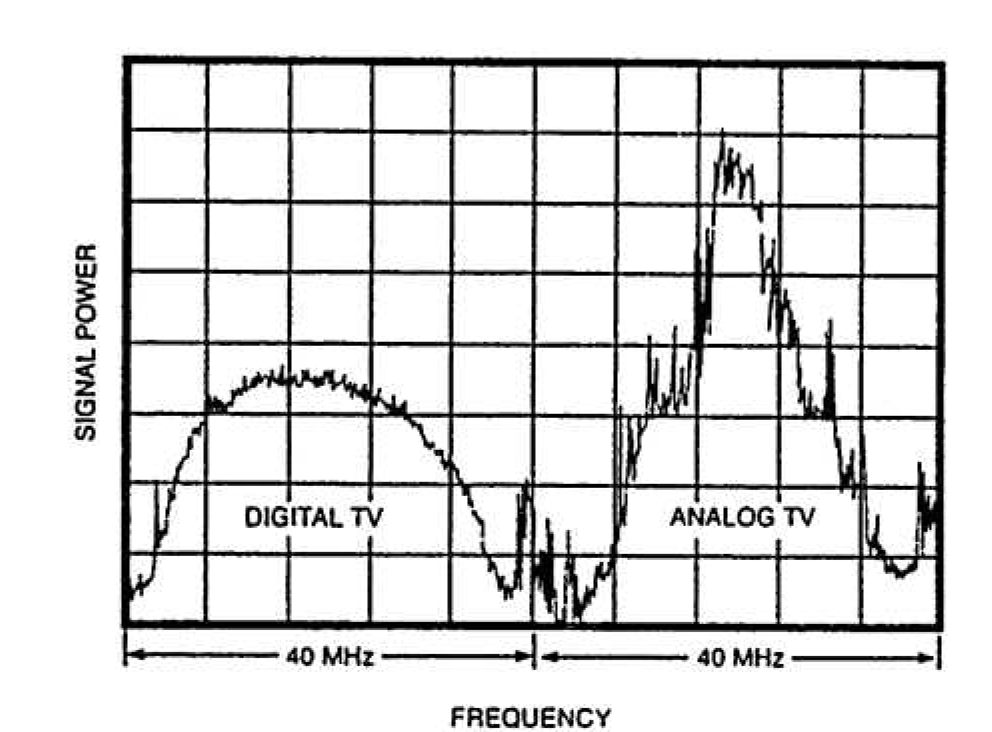
الشكل 24-7 يبين محلل طيف Avcom PSA-37D. هذا المحلل يقبل إشارات دخل من مرتبة 10 إلى 1750 ميغاهرتز ومن 3.7 إلى 4.2 جيغاهرتز في خمس حزم ترددية. وهو مزود بشاشة رقمية وبوحدة تغذية للكتل LNAs وLNBs مدمجة مع الجهاز.

إن محلل الطيف هو الجهاز الوحيد الأكثر قدرة على تقديم العون لمحترفي تركيب معدات الأقمار الصنعية. إنه مستقبل خاص يمسح باستمرار مجال ترددي معين و يظهر الخرج على شكل مطال إشارة مرئية بدلالة التردد. كما إنه يُعطي منظر بانورامي لمطالات و ترددات جميع الإشارات المتواجدة في الحزمة الترددية المقاسة.

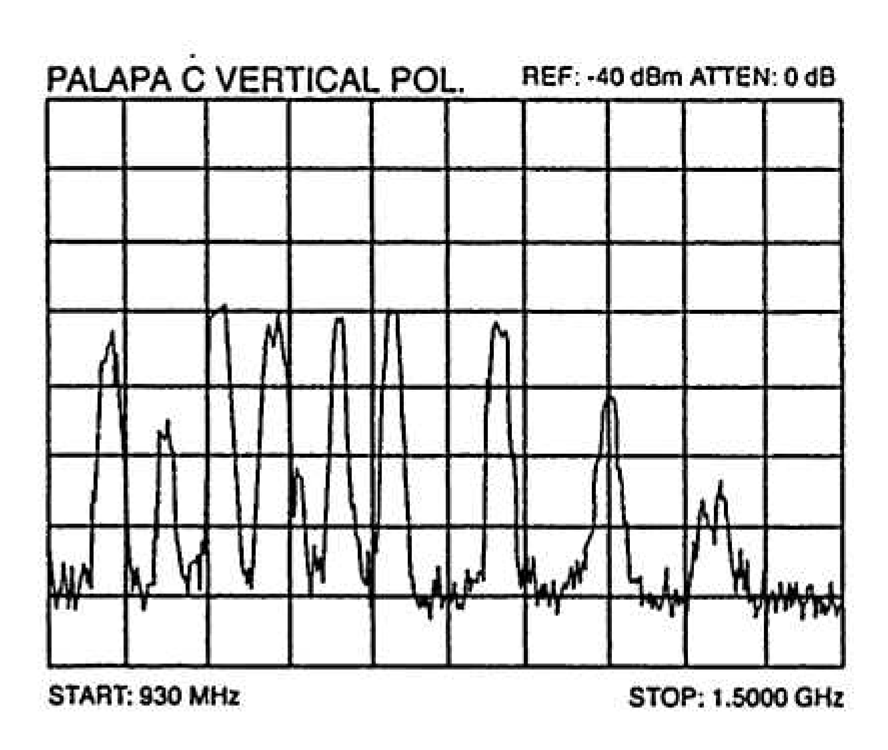
يظهر محلل الطيف المحمول مطال الإشارة بقيم تصاعدية من الأسفل إلى الأعلى و يمسح التردد من اليسار إلى اليمين. بينما يقوم العامل الفني بتحريك قرص الهوائي حسب قوس التابع الصنعي، يستطيع التقاط أعلى قيمة من أجل كل إشارة و من ثم يمكن ضبط الدليل marker على التردد المركزي و قراءته رقمياً. يستطيع الفني أيضاً ضبط حزمة التمرير لمحلل الطيف بحيث تظهر جميع الترددات لإشارات التابع الصنعي أو تضييق الحزمة لإظهار إشارة واحدة.

إن شكل الإشارة التي ترسم على شاشة محلل الطيف تعطي فكرة عن نوع الإرسال، فالإشارات التلفزيونية الاعتيادية ذات الشكل التشابهي لها خصائص معينة، و الإشارات الرقمية التي تتضمن إشارات مرئية مضغوطة لها خصائص معينة أيضاً و شكل آخر. (شكل 24-8).

يعتبر محلل الطيف من أفضل الأجهزة للفصل بين نوعين متعامدين من الاستقطاب، و يبين الشكل 24-9 حوامل متعددة عالية الشدة، كما يبين حوامل أضعف في يسار الشاشة، وقد تجاوزت قليلاً عتبة الضجيج، و أثناء ضبط وضعية استقطاب المغذي، يمكن للعامل الفني التأكد من صحة عملية الضبط و ذلك بإلغاء كل إشارة مستقطبة دائرياً و غير مرغوب بها.



شكل 24-8 مقارنة الطيف لإشارات تلفزيونية تمثيلية و رقمية.



شكل 24-9 طيف عريض المجال لمجيب في حزمة C ذو استقطاب شاقولي على التابع الصنعي palapac 2

توجد ميزة إضافية لمحلل الطيف، إنه يسمح بقياس الفصوص الثانوية لقرص الهوائي، وفي ذلك دلالة على تعرجات السطح ووضعية قمع التغذية. إن لجميع الهوائيات فصوص ثانوية تقوم بتكبير الإشارات على جانبي حزمة الإشعاع الرئيسية و الواقعة على بعد عدة درجات منها. إن مستوى الإشارة للفصوص الجانبية يجب أن تكون أقل بمعدل 15- إلى 18dB- من الحزمة الرئيسية و ذلك لتجنب حدوث تداخل الأقنية. و يكشف محلل الطيف عن مقدار الانخفاض في مستوى الفصوص الثانوية، إضافة إلى بعدها عن حزمة الإشعاع الرئيسية.

يمكن أن يستخدم محلل الطيف أيضاً لتحديد الموقع في المستقبل الذي تتوضع فيه إشارة مرئية غير مرشحة، ويستفاد من هذه الإشارة في كواشف ترميز الستيريو وبعض كواشف التعمية باستخدام محلل موضوع على المجال من 0 إلى 10 ميغاهرتز، فإن الحوامل الفرعية المرئية والصوتية يمكن أن تظهر ويمكن إيجاد نقطة مناسبة توقف عمل الدارة.

عند شراء محلل طيف، من المهم التأكد من قدرته على إظهار كل حزم الطيف الضرورية.

إن الحزم الأكثر أهمية هي:

- 0 إلى 10 ميغاهرتز - لرؤية الحوامل الفرعية الصوتية والمرئية ضمن الحزمة الأساسية لإشارة محطة الارسال.
- 40 إلى 600 ميغاهرتز - لرؤية إشارات التردد المتوسط IF من وحدة تحويل التردد الأحادي أو خافض كتلة الترددات. وكذلك لضبط بعض معدلات RF في نظام الإرسال NTSC.
- من 950 إلى 1750 ميغاهرتز - لرؤية الخرج من كتل خفض التردد للحزمة C والحزمة Ku. وأيضاً LNBs.
- 3.7 إلى 4.2 جيغاهرتز - لرؤية خرج Lnas للحزمة -C

أجهزة التلفاز ذات التوليف المركب Synthesized Tuned TV

إن تلفزيون الضبط المركب ليس له تحكم ضبط دقيق. ومثل هذا التلفزيون مثالي لاختبار وضبط معدلات RF الرخيصة من أجل الأداء المرئي والأداء الصوتي المناسب.

في معظم الحالات يتم ضبط المعدلات أثناء التصنيع على القنال 3 في أمريكا الشمالية وعلى القنال E36 في مستقبلات DBS الأوربية. إذا تم ارسال القنال المحلية 3، فإن المعدل يجب أن يُحَوَّل إلى أحد القنالين 2 أو 4. ولكن إزاحة التردد في معظم المعدلات رخيصة الثمن ليست دقيقة. وهنا يبرز دور استخدام تلفزيون الضبط المركب إذ نضعه على القنال 4 مع وقف عمل جميع دارات التصحيح التلقائي، التحكم الآلي بالتردد أو دارات التصحيح اللوني. إذا لم يكن المعدِّل قد تم توليفه بصورة صحيحة فإن شكل كهيكل سمك الرنجة، أو ضعف اللون أو اختفاؤه تماماً، وأيضاً تمزق نقطي وضعف صوتي هي بعض مظاهر المعدّل المضبوط بشكل خاطئ.

الإصلاح و الخدمة - منظور أوربي

إن الأساليب الأمريكية والأوربية لخدمة أجهزة تلفزيون الأقمار الفضائية تختلف في بعض النواحي. في أمريكا الشمالية، تجرى الإصلاحات في مكان تصليح مختص بذلك. في أوربا، يشبه الموقع مكان تصليح تلفزيونات محلي.

إن خدمة الأجهزة التلفزيونية للأقمار الفضائية تقسم إلى ثلاث مراحل:

المرحلة الأولى هي فحص الموقع وهذه المرحلة تغطي الأخطاء في الموقع. إن تشخيص وإصلاح مشاكل الموقع تأخذ عادةً بضع دقائق.

المرحلة الثانية هي الإصلاح على طاولة الاختبار وفيها تؤخذ المكونات من موقع الزبون إلى محل الخدمة. إن الأعطال الأكثر شيوعاً و التي تنتمي لهذه المرحلة هي: فشل ملاءمة المستقطب ومشاكل عامة تتعلق بمنابع التغذية. يستطيع تقني متمرس عادةً إصلاح مثل هذه الأعطال في أقل من ربع ساعة. هذا النوع من الخدمة يشكل لب العمل في محل الإصلاح.

المرحلة الثالثة هي الإصلاح التخصصي. عندما يحدث عطل معقد في المستقبل ويكون إصلاحه بنجاح غير اقتصادي من قبل التقني، فإنه يتم استبدال المكون أو ارساله للإصلاح في مركز مختص. تدار هذه المراكز عادةً من قبل فريق عمل تابع للمصنعين. و في حال وجود كفالة، فإنه من الأفضل استبدال الجزء المتعطل وإعادته إلى الموزِّع أو المُصنِّع.

طاولة الاختبار The Test Bench

طاولة الاختبار المستخدمة في الإصلاح تكون عادةً واحدة ومشابهة لتلك المستخدمة في إصلاح أي شيء من التلفزيونات إلى الستيريوهات. إن طاولة اختبار ضيقة المساحة ومزودة بأقل قدر من التجهيزات هي المتوفرة غالباً. إلا أن بعض أجهزة الاختبار تكون رئيسية.

نظام الاختبار للاقمار الفضائية

من المهم توفر نظام اختبار تلفزيوني للأقمار الفضائية في متناول اليد. من أجل أعمال تصليح ASTRA، هذا النظام مؤلف من مستقبل بسيط، LNB وقرص هوائي. يتم تركيبه بحيث يكون من السهولة تبديل الكتل LNBs عند الهوائي. ينبغي توفر نموذجين من LNB هما Marconi الذي يستخدم مفتاح استقطاب بثنائي PIN ونموذج Maspro الذي يستخدم مستقطب فيريتي.

مقياس شدة الإشارة الرقمي

Digital Signal Strength Meter

في حين يعتبر محلل الطيف جزءاً ممتازاً من أجهزة الاختبار والتي يرغب أي تقني تلفزيوني للأقمار الفضائية بامتلاكه، فإنه يوجد خيار آخر اقتصادي أكثر هو مقياس شدة الإشارة الرقمي مثل SAMM الذي يستخدم لقياس خرج التردد المتوسط IF لكتلة LNB. عند استخدام أداة ذات خرج سمعي، فإنه من المهم عدم تفعيل الدارة السمعية وإلا فإن الضجيج سيصبح مزعجاً.

المقياس المتعدد الاغراض Multimeter

إن أغلب الجهود المعينة على مخططات الدارة الإلكترونية يمكن قياسها بهذا المقياس. ويمكن استخدام مقياس متعدد المهام تشابهي إذا كان ضرورياً. هذا الأخير يعتبر جزءاً رئيسياً من عدة الاختبار عند إصلاح دارات AFC. بينما يشير المقياس الرقمي إلى معدل الجهود اللحظية، فإن المقياس التشابهي يظهر التغيرات الترددية المنخفضة جداً لحظة حدوثها.



25

الكشف عن الأعطال

إن بعض الأعطال التي تحدث في المستقبلات التلفزيونية التي تتعامل مع الأقمار الفضائية يمكن تشخيصها من خلال مكالمة هاتفية مع الزبون. فمثلاً، في العديد من مستقبلات الأقمار الفضائية يوجد مفاتيح وصل/قطع متوضعة على اللوحة الخلفية والتي يمكن أن تكون مصدر العطل. عموماً، فإن معظم حالات الكشف عن الأعطال تتطلب زيارة منزلية. ذلك أن القليل من الزبائن قادرون على تحديد العطل وفك القطعة المعطوبة وجلبها إلى ورشة الإصلاح. وحتى إذا تمكن الزبون من تحديد العطل فإن الأمر غالباً ما ينتهي بزيارة ميدانية لإعادة نصب النظام حيث أن طبيعة الأجهزة التي تتعامل مع الأقمار الفضائية تتطلب أن يتم نصبها من قبل حرفيين.

معظم الزبائن هم من الذين يرغبون بالحصول على مساعدة أو هم قادرون على نصب أجهزة استقبال الأقمار الفضائية بمفردهم. هؤلاء الذين يحاولون ذلك بمفردهم غالباً ما ينتهون إلى طلب المساعدة أثناء عملية التركيب. وبما أن أماكن نصب الأجهزة هي على بعد يصل أحياناً إلى 100 كم من ورش الإصلاح فإن الزيارات تكون غالباً مضيعة للوقت.

اختبار العناصر الميكروية

أثناء التركيب (النصب) فإنه من الحكمة قياس وتسجيل مقدار سحب التيار الأولي للكتلة LNB والاحتفاظ بها كقيمة مرجعية للمستقبل في حال حدوث خلل في النظام. وعلى الرغم من أن هذا الإجراء ليس ضرورياً في العادة وذلك لأن كل كتلة تعمل بشكل أولي ضمن نسبة 10% من المواصفات المحددة بالنشرة المرفقة، فإن الأعطال غالباً ما يمكن أن تشخص بشكل مبكر عن طريق قياس سحب التيار لكتلة LNB. وإن مقارنة القيمة الأولية المأخوذة عند التركيب مع القيمة المقاسة أثناء الخدمة تعكس مدى سلامة القطع الإلكترونية.

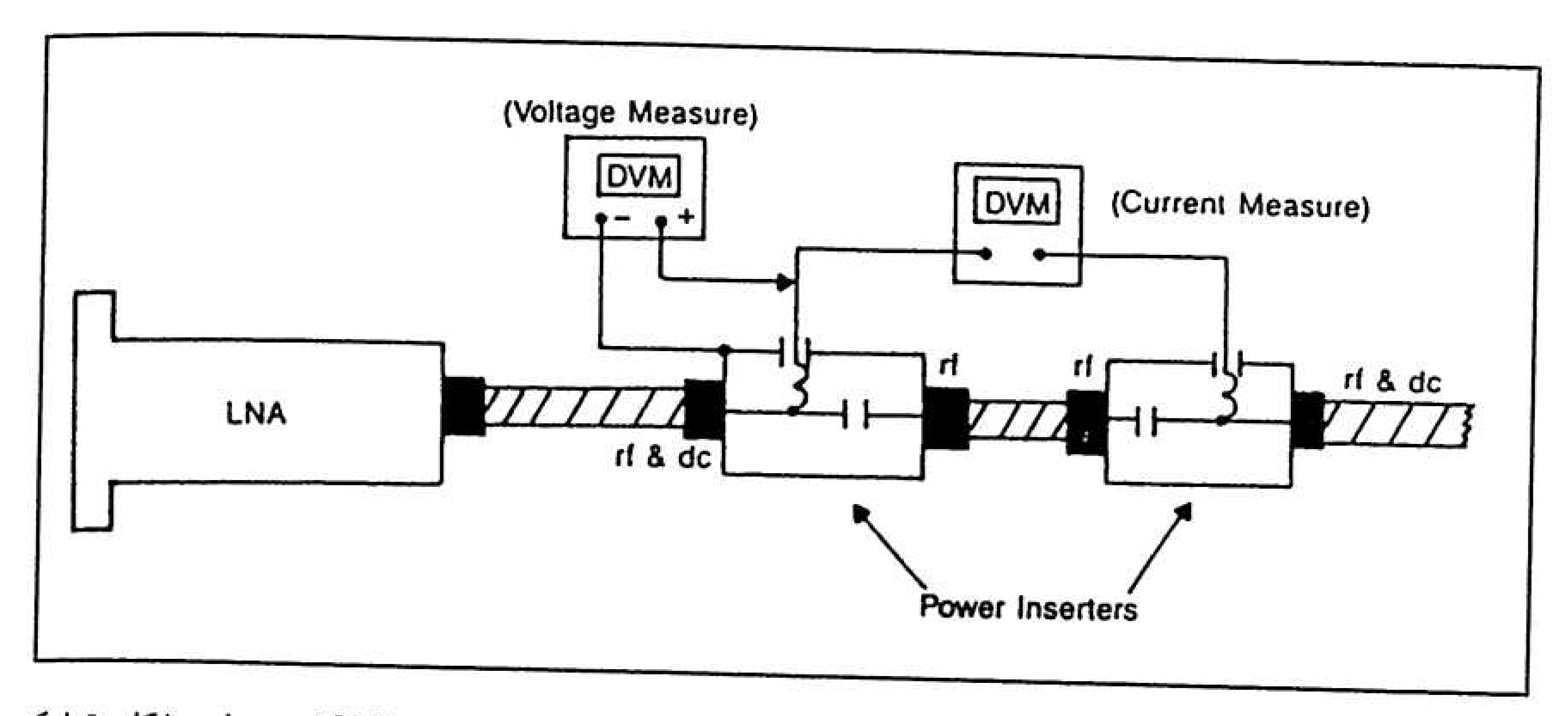
إن تلف أي عنصر في الـ LNA أو LNB أو LNC يمكن أن ينتج عنه انخفاض في قيمة الربح أو وجود شرارات زائدة أو مستويات إشارة غير مستقرة أو غياب كامل لأي إشارة. ولكن ذات المشاكل يمكن أن تظهر نتيجة ناقل عاطل أو مستقبل عاطل.

إن الطريقة السريعة للتأكد من أن العطل من المضخم هو اختبار سحب التيار وجهود التغذية. فإذا كان سحب التيار صفر، فإن إحدى الكتل LNA أو LNB أو LNC تكون مفصولة. والسبب في هذا يمكن أن يكون فصل في سلك تغذية الطاقة، أو عطل في قمع التغذية، أو عطل في منظم الجهد في المستقبل أو تلف في عنصر ميكروي. أما إذا كان التيار أقل بـ (20-25) ميلي أمبير من القيمة الأولية المقروءة عند التركيب، فإن الفرصة عندئذ تكون كبيرة بأن تكون مرحلة واحدة من الـ LNA لا تعمل على الإطلاق. هذا أيضاً ينطبق على الكتل LNB وLNC، كونهما يملكان مضخم منخفض الضجيج LNA كعنصر مكمل.

في الكتل LNB وLNC وحين يكون التيار أنخفض بأكثر من 25 إلى 20 ميلي أمبير فإن مضخم التردد المتوسط أو الـ VTO أو LO أو حتى أكثر من مرحلة واحدة قد تكون السبب في العطل.

إذا كانت الوحدة تسحب ذات التيار المقاس عند التركيب، فإنه قد لايزال هناك عطل في الوصلات يحجز الإشارة ولكن لا يؤثر على سحب التيار. إذ أن قراءة التيار تبين فقط بأن انحياز الدارة صحيح وظيفياً.

العنصر الثاني الذي يجب أن يختبر هو وحدة التغذية. ومن أجل مخفضات التردد وLNC، فإن جهود التلحين ينبغي أن تقاس. هذه الجهود يجب أن تقرأ عند طرف نهاية كبل الهوائي. ويمكن استخدام DVM (مقياس فولت رقمي) لقياس الجهد والتيار أثناء تشغيل النظام كما هو مبين في الشكل (25-1).



شكل 25-1 فحص حقل مكبر ضجيج منخفض. يمكن قياس التيار والجهد لكتلة LNB باستخدام مغذيين للطاقة مربوطين بشكل متعاكس

إن مغذيات الطاقة Power Inserters تربط بالكتل LNAs وLNCs عن طريق وصلات N، وتثبت إلى الكتلة LNB ومخفضات التردد عن طريق وصلات F.

يمكن تصنيع فاحص طاقة بتركيب وصلتين من نوع F على صندوق معدني صغير مع وصلات من نوع Banana من أجل DVMs، ويلحم ملف تحريض بقيمة 100μH بين كل وصلة F ووصلة Banana و يلحم مكثف 0,01μF بين الوصلتين F.

الاستبدال

إن أسهل طريقة لكشف العطل هو الاستبدال. إنه من الحكمة أن تجمع وتشتري جميع العناصر التي تستخدم في هذا المجال ومن ثم تقوم باستبدال العناصر واحداً تلو الآخر. هذه الاستراتيجية عادةً تحل المشكلة إذا كان السبب هو عنصر تالف وليس عدم توجيه جيد للهوائي. طبعاً هذه الطريقة تتطلب مجموعة احتياطية من العناصر التي لا يمكن أن تباع مستقبلاً كعناصر جديدة، حيث أن هذه العناصر قد تتعرض للعطب أثناء الاستبدال. وبالرغم من كل هذا، فإن هذه الطريقة تبقى الأسهل لكنها قد تكون الأغلى.

الطريقة الأسهل والأقل كلفة هي في امتلاك نظام اختبار ومجموعة كاملة من التجهيزات الإلكترونية التي يمكن أن تستخدم لاختبار أي نموذج من نماذج المستقبلات أو IRD أو LNB أو مخفض تردد أو LNA.

يجب أن يتألف نظام اختبار الحزمة C من كتلة LNA ذات حرارة ضجيج 60°K ومخفض كتلة من الترددات ومستقبل.

والسؤال لماذا LNA 60°K؟

الغرض من إجراء الصيانة ليس الكشف عن العطل وإصلاح النظام فحسب، وإنما أيضاً ضبط النظام من أجل تحقيق الأداء الأمثلي، وباستخدام كتلة LNA ذات ضجيج 60°K، تظهر النتائج السلبية المترتبة على ضعف التركيز أو تراجع أداء المغذي بصورة أوضح من كتلة LNA ذات حرارة ضجيج أخفض (من 30°K إلى 40°K).

عند الكشف عن عطل في نظام يعمل بالحزمة Ku كتلة LNB المستخدمة للاختبار يجب أن تكون ذات رقم ضجيج بحدود 1,8dB تقريباً.

كشف أعطال دارات المعالج الصغري

هناك خمسة فحوصات أساسية للكشف عن أي عطل في المعالج الصغري، وبغض النظر عن نوع ذلك المعالج.

أولاً يجب قياس جهد وحدة التغذية. بعض المعالجات تستخدم عدة جهود، فالمعالجات Z80، 8080 و8085 تستخدم الجهود +5، +12 و-5 فولت. لحسن الحظ فإن جميع المعالجات الجديدة تقريباً تتم تغذيتها فقط بالجهد +5 فولت. جهد التغذية أيضاً يجب أن يفحص باستخدام راسم الإشارة، إذ أنه يجب أن لا يحتوي على تموج معتبر بالجهد. فإذا كان هناك تموج، فإن مكثف ترشيح وحدة التغذية يجب أن يفحص، وإذا دعت الضرورة يُغير. أيضاً يجب البحث

فيما إذا كان هناك ضجيج بتردد عالي على خط التغذية الرئيسي لوحدة التغذية. هذا الأمر قد يكون سببه تسريب في مكثف أو نقطة لحام باردة على أحد أرجل المكثف أو تمرير غير كاف لمكثف في التصميم الأصلي للدارة.

ينبغي التأكد من نقطة الأرضي أو نقاط الأرضي على دارة المعالج باستخدام مجس راسم إشارة. يجب أن لا يكون هناك جهد أو ضجيج على هذه النقاط، وفي حال وجوده فإن أصل المشكلة قد يكون فقدان خط أرضي أو اقتلاع خط خاص من الدارة.

الفحص التالي هو التأكد من عمل نبضات الساعة. إذ ينبغي التأكد من أن تردد نبضات الساعة صحيح وأن المطال كاف، والإشارة نظيفة أي أنها لا تحتوي على توافقيات أخرى. هذا الأمر يمكن أن ينجز باستخدام عداد تردد أو راسم إشارة. عموماً يجب أن يكون تردد الساعة من 2 إلى 6 ميغاهرتز وأن يكون مضبوطاً بواسطة كريستالة. فإذا لم يكشف الفحص السابق عن أي مشكلة، فإن جهد التغذية للمجموعة التكاملية ودارة نبضة الساعة يعملان بشكل جيد.

الخطوة التالية هي المحاولة بإعادة إقلاع المعالج (تصفير Reset). هذا الأمر يمكن على الأغلب أن يتم ببساطة عن طريق خلع فيش المستقبل من الحائط أو في بعض الأحيان يكون هناك مجال لتصفير المعالج عن طريق وصل نقطة مهيئة لذلك إلى الأرض. إذا ما كانت بعض الوظائف فقط تعمل بشكل سليم عندئذ يفترض بأن يكون واحد أو أكثر من خطوط العناوين مُمسك بقيمة 5+ فولت أو 0 فولت. والسبب إما أن يكون خلل داخلي في المعالج أو خلل خارجي في إحدى الدارات المتكاملة المعدة لربط (Interface IC).

أما إذا كانت المشكلة متقطعة، أي تظهر وتختفي، فإن واحداً أو أكثر من خطوط المعلومات يمكن أن لا يصل إلى الحالة المنطقية 1 أو 0 بشكل تام. إذ يوجد منطقة غير معرفة (من 0.4 إلى 2.4) والتي ضمنها لا يستطيع المعالج تحديد الحالة المنطقية (1 أو0). في بعض الأحيان، مثل هذه الجهود تكتشف على أنها موافقة للحالة المنطقية 1، وأحياناً أخرى موافقة للحالة المنطقية 0. ويمكن استخدام فاحص منطقي Logic Probe أو راسم إشارة لتشخيص مثل هذه المشكلة.

إن اكتشاف خلل في خط المعلومات هو أمر نادر الحدوث، ومع ذلك فإن وجود شرارات في خط التغذية أو قصر الجهد 36+ فولت مع المحرك يمكن أن يكون هو السبب. والأعراض التي تنجم عن مسك خط المعلومات لحالة منطقية ما هي ظهور أرقام غير صحيحة على لوحة إظهار رقم القناة، إضاءة وإطفاء لأحد ديودات الإظهار، أو اختيار غير صحيح للحالة السمعية أو عدم تكرارية في عمل المخدم وأعرض أخرى غريبة. إن وجود خلل في خط المعلومات يمكن أن يكشف في بعض الأحيان بمراقبة خرج كل خط معطيات وعنوان حتى تتغير حالته المنطقية من 5+ إلى 0 أو بالعكس.

أثناء خطوات تبديل المستقبل (مثل تغيير القنال، تغيير القمر الاصطناعي، تغيير نمط الصوت..الخ) تكون الدارة المتكاملة للقص والإظهار مفيدة جداً في إجراء هذا الاختبار.

أعطال النظام الرقمي

إذا توقف جهاز IRD الرقمي عن استقبال الصورة، ينبغي على الفني تحديد السبب باستخدام مقياس شدة إشارة. و يمكن أن يكون IRD مجهزاً بمقياس يعطي قراءة على شاشة رقمية. و من المفيد تسجيل مستوى الإشارة عند التركيب بحيث يمكن للفني مقارنتها في حال حدوث خلل ما.

بالإضافة لمستوى الإشارة، تتعرف بعض العلب الرقمية على البرنامج الرقمي الأم source، كما تعطي إشارة سمعية في زاوية شاشة الإظهار لقياس المستوى. و تزداد حدة الصوت مع قوة الإشارة. و لهذه فائدة كبيرة عندما يبتعد قرص الهوائي عن مكانه بفعل الرياح. و يقوم الفني برفع صوت جهاز التلفزيون، و من ثم تجري عملية ضبط ناعمة على موقع الهوائي، بينما يصغي لنغمة الإشارة السمعية للدلالة على وجود الصوت أو غيابه.

حالاً وبعد انتهاء التركيب، ينصح بوضع إشارة على حامل الهوائي لتعيين الوضع الصحيح للارتفاع (Elevation) و زاوية الانحراف الصحيحة (Azimuth) و بهذه الطريقة يمكن معرفة فيما إذا تغير موقع الهوائي في وقت لاحق. إذا لم يوجد في جهاز IRD الرقمي مقياس إشارة كجزء منه، ينبغي على الفني وصل أداة قياس خارجية إلى النظام، ويوجد مقياس إشارة فضائية صغير و خفيف الوزن و غير غالي الثمن ينصح باقتنائه ضمن عدة التركيب، و يمكن وصل هذا المقياس إلى خط النقل المحوري الذي يربط كتلة LNB أو LNF وجهاز IRD؛ حيث يتم تغذية مقياس الإشارة بالجهد المستمر الذي يرسله IRD عبر الكابل المحوري إلى كتلة LNB، و بذلك لا حاجة لوجود بطارية لتغذية المقياس، ولكن النقطة السلبية هي أنه يتم قياس جميع الإشارات القادمة من التابع الصنعي دفعة واحدة، و بذلك لا يمكن الاستفادة من المقياس في ضبط الاستقطاب. و السلبية الأخرى للمقاييس رخيصة الثمن أنها لا تؤمن قراءة دقيقة و معيارية، لذا يمكن الحصول على قيمة نسبية فقط لمستوى الإشارة.

مسائل الاستقبال المتقطع

يرجع الاستقبال المتقطع في التلفزيون الرقمي إلى عدة أسباب. مثل انحراف قرص الهوائي عن موقعه بسبب الرياح، فقدان التثبيت لقمع التغذية، أو ضعف التماسك عند نقطة وصل الخط المحوري بسبب الصدأ أو الرطوبة. إن الخطوة الأولى الصحيحة بعد غياب الإشارة هي إجراء فحص بصري لكامل النظام، و التأكد من وجود براغي التثبيت للهوائي و المغذي، إضافة لفحص جميع الموصلات، ينبغي أيضاً ملاحظة العلامات الفارقة على حامل الهوائي لضمان عدم انزياح القرص عن موقعه الأصلي.

إن الأمطار و الضباب، و حتى الغيوم المحملة بالرطوبة يمكن أن تخفض من شدة الإشارات في الحزمة Ku ؛ فخلال عملية التركيب، قد تكون محاولة ضبط قرص الهوائي و المغذي (الإبرة) بعد ظهور صورة نظيفة على الشاشة من الأخطاء الجسيمة، مع ذلك يمكن أن تختفي هذه الصورة الرقمية التي تم إظهارها في الجو الصحو مع هطول زخات من المطر.

إن فقدان الإشارة أثناء المطر يظهر بأحد شكلين. إما أن يظهر إطار ثابت يمثل آخر إطار فيديوي جرى تخزينه في دارة buffer لكاشف التعديل في جهاز IRD، أو تظهر رسالة تدل على عدم وجود إشارة في أعلى الشاشة "no signal"؛ و إذا لوحظ انقطاع الاستقبال الجيد و المتكرر أثناء المطر الخفيف، فذلك دلالة أكيدة على أن النظام لم يتم معايرته ليحقق أفضل أداء، و ينبغي على العامل الفني أن يستخدم جهازاً لضبط الإشارة بحيث يكون استقطاب الهوائي و المغذي في الوضع الأمثلي للحصول على أفضل إشارة و معالجة التأثيرات المحيطية السلبية.

إذا أشار مقياس قوة الإشارة إلى قراءة عالية و بقي النظام لا يستقبل إشارة فيديوية فينبغي التأكد من عدم تغيير الوضع الأساسي لجهاز IRD من قبل شخص ما؛ إن معظم هذه الأجهزة تتميز بوجود إمكانية تحكم للأهل و الكبار مع كلمة سر "password" لمنع الوصول إلى التحكم بالنظام و بعض الأقنية التلفزيونية التي يشار إليها بخارج الحدود "off limits"، و ينصح باستخدام كلمة السر للجهاز IRD لحماية الوحدات الداخلية ذات التقنيات العالية من تغيير الوضع الصحيح، إضافة لوضع حد لعقبة الفضولية للأطفال.

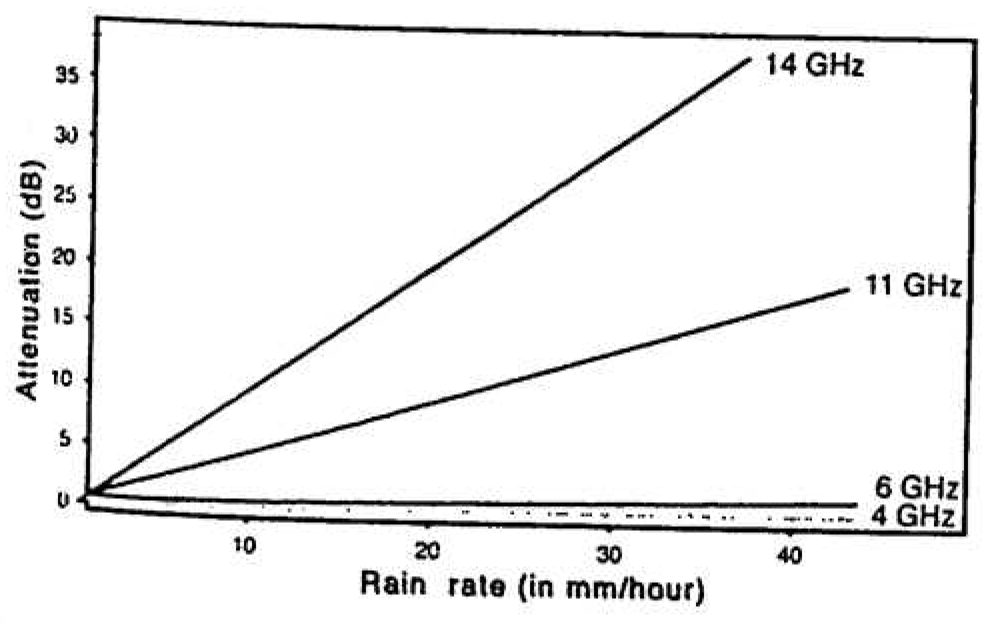
إن المعاملات الأساسية الخاصة لأي جهاز IRD رقمي هي التردد المركزي للمجيب و الاستقطاب، إضافة إلى معدل الرموز وتصحيح الأخطاء المباشر (FEC) و ذلك من أجل مجموعة bouquet من الأقنية الرقمية التي اشترك بها الزبون. وهذه المعاملات تظهر عادة على الشاشة تحت تسمية إعدادات "installation" أو "IRDset up" و يتطلب عمل جهاز IRD معرفة التردد الوسطي لكتلة LNB (من 950 إلى 2050 ميغاهرتز) أو تردد اهتزاز المحلي لكتلة LNB إضافة إلى التردد الفعلي للقمر الاصطناعي (مثلاً : تردد اهتزاز المحلي 5.150 جيغاهرتز ناقص تردد القمر الاصطناعي 4.000 جيغاهرتز ينتج عنه التردد الوسطي IF 1.150 ميغاهرتز).

إن معدل الرموز و FEC تتغير عادة من مجموعة أقنية رقمية إلى مجموعة تليها؛ فمثلاً على القمر الاصطناعي Astra؛ يتراوح معدل الرموز المستخدم من 22 إلى 27.5 ميغارمز/ثانية، و تستخدم معدلات رموز مختلفة في أنظمة توابع صنعية أخرى حول العالم.

يجب التأكد من أن معاملات الجهاز IRD لم يعبث بها أحد. و في بعض الأجهزة الرقمية IRDs يوجد خيار يسمح باستعادة الوضع الأساسي للمعاملات عند التصنيع لدى ملامسة أزرار التحكم، و في حال استقبال إشارة قوية و كانت المعاملات جميعها في الوضع الصحيح، فسوف يتحقق الجهاز IRD من قاعدة المعطيات للإشارة و يظهر دليل البرنامج الالكتروني (EPG) لمجموعة الأقنية الرقمية bouquet، و إن استمر النظام بعدم القدرة على استقبال الصورة، فيجب التأكد من أن بطاقة smart قد تم إدخالها من المنزلقة slot الخاصة بوحدة الوصول conditional access و بأن الاشتراك لا زال ساري المفعول.

تأثير المطر على الإرسال في الحزمة Ku

هناك سلبية كبرى للوصلة الهابطة التي تعمل بتردد يزيد عن 10 جيغاهرتز حيث أن المطر و الثلج و حتى الغيوم التي تعبر محملة ببخار الماء يمكن لها أن تخفض من شدة الإشارات الواردة و ذلك نظراً لقصر طول الموجة (شكل 25-2) فعند هذه الترددات، تكون أبعاد قطرات المطر المتساقطة قريبة من أجزاء طول الموجة لتردد العمل، لذلك يمكن لهذه القطرات أن تمتص و تمنع استقطاب الأمواج الميكروية لدى عبورها الغلاف الجوي.



شكل 25-2 مستوى التخميد لإشارات فضائية في الحزمة C والحزمة Ku مقدراً بالديسيبل.

إن الأنظمة الرقمية لتلفزيون المباشر المنزلي مصممة ليكون فيها قرص الهوائي أصغر ما يمكن. ويتراوح قطره من 60 إلى 75 سم و في بلدان مثل جنوب شرق آسيا و جزر الكاريبي. يتسبب سقوط الأمطار بغزارة إلى تخميد الإشارة الفضائية في الحزمة Ku إلى أكثر من 20 ديسيبل. وهذا يعني انخفاض كبير في جودة الإشارة و حتى اختفاؤها تماماً، إن فترة الخفوت هذه قصيرة عادة و تحدث بعد الظهر أو في ساعات المساء الأولى أي قبل موعد المشاهدة الواسعة. و حسب رأي معظم المشاهدين لتلفزيون الفضائي في الحزمة Ku، فإن انقطاع الاستقبال بسبب الأمطار لا يتعدى بضع ساعات على مدار السنة. وهذا لا يختلف كثيراً عن أسباب أخرى مثل انقطاع التيار الكهربائي أو الهاتف أو الناقل المحوري لتلفزيون المشترك.

للمساعدة في التقليل من تأثير الأمطار، يلجأ المصممون للأنظمة التي تعمل في الحزمة Ku لاستخدام هوائي بقطر أكبر مما تتطلبه هذه الأنظمة حين تعمل في شروط جوية صافية. إن زيادة قطر الهوائي يؤمن للنظام بضع ديسيبل هامة جداً للمحافظة على عمل النظام بصورة جيدة أثناء السقوط المعتدل للأمطار، غير أنه في الأنظمة الرقمية لتلفزيون الفضائي، حيث لا يتجاوز قطر الهوائي متراً واحداً، يجب التنبؤ بنقص في الاستقبال بنسبة محددة في العام.

ففي ماليزيا مثلاً، يؤكد المسؤولون عن شبكة الأقمار الفضائية تأمين الإشارة بنسبة 99.7 % من الوقت. و هذا يعني انقطاع الاستقبال بمعدل 26.28 ساعة سنوياً فقط (أي بنسبة 0.3%).

في الشرق الأوسط، نادراً ما تسبب الأمطار الغزيرة انقطاع الاستقبال. ولكن العواصف الرملية قد تسبب بعض المشاكل أحياناً.

دليل الكشف عن العطل

ما تبقى من هذا الفصل هو دليل الكشف عن العطل الذي يغطي مختلف مكونات أنظمة الاستقبال الفضائية المألوفة. ولكن قبل أن نضيق البحث إلى عنصر واحد في النظام يجب التأكد فيما إذا كان قرص الهوائي موجه بشكل صحيح باتجاه القمر الفضائي. فإذا ما كان الهوائي منحرف بمقدار صغير (3°-4°) فإنه لن يكون ممكناً استقبال القمر الصنعي بشكل طبيعي. إن معرفة زاوية الأفق والارتفاع لكل قمر فضائي في المنطقة يمكن أن تكون مساعدة في توجيه القرص بشكل صحيح. إن تحريك الهوائي بشكل لطيف في اتجاهات مختلفة مع مراقبة صورة التلفزيون أو قوة الإشارة يمكن أن تكون تقنية فعالة في التوجيه الدقيق للهوائي. طبعاً في حال إجراء هذه العملية لعدة مرات تصبح عملية توجيه الهوائي أمراً عفوياً. حالما يتم توجيه الهوائي بشكل صحيح، فإن عملية الكشف عن العطل تستخدم لتشخيص مشاكل أخرى.

الأعراض: ضجيج على جميع الأقنية، و على كلا الخرجين الفيديوي والسمعي.

الأسباب الممكنة: توجيه خاطئ للهوائي. عطب أو تلف لعنصر إلكتروني في كتلة LNB أو كتلة الناخب للمستقبل.

لتحديد فيما إذا كان السبب هو توجيه قرص الهوائي، أولاً يجب التأكد من أن القطع الإلكترونية تعمل بشكل سليم. يتم ذلك عن طريق اقتناء مولد إشارة ميكروية.

وجه مولد الإشارة الميكروية نحو قرص الهوائي لمعرفة فيما إذا كان المستقبل يقوم بالكشف عن الإشارة. في حال عدم توفر المولد، وجّه الـ LNB إلى الشمس وابحث عن أي ارتفاع في الضجيج الفيديوي. فإذا ما لوحظ أي تغير في الضجيج فإن هذا يعني أن القطع الإلكترونية تعمل بشكل سليم والمشكلة تكمن في وضع الهوائي أو وضع المغذي أو بقرص الهوائي ذاته.

فحص قاعدة الهوائي

أول الفحوصات التي يجب أن تجرى حالما يتم الكشف عن سلامة القطع الإلكترونية هو التأكد من أن الحامل منصوب بشكل عمودي، وأن الزوايا القطبية مضبوطة بشكل صحيح كذلك محور الهوائي مواز لسطح الأرض. جميع هذه الفحوصات لا تأخذ بالعين المجردة أكثر من خمس دقائق باستخدام العدة المناسبة والمخططات والمعرفة اللازمة. العدة اللازمة هي بوصلة ومقياس استوائية (زيبقية) وخيط بطول كاف ليمد على طول القرص. تنصب الهوائيات على حوامل معدنية. هذا الحامل يجب أن يكون عمودياً بشكل تام وذلك يسمح لقرص الهوائي بأن يلاحق بشكل صحيح حزام Clarke. وتستخدم الزيبقية لتأكد من عمودية الحامل على كلا محوريه. فإذا لم يكن كذلك فإن قرص الهوائي لن يكون قادر على ملاحقة جميع الأقمار الفضائية. أما إذ كان عمودي في خط المحور غرب-شرق ولكنه قريب من العمود في اتجاه المحور شمال-جنوب. فإن الاقمار الفضائية الواقعة في الأطراف سوف تلاحق بشكل دقيق. بينما الأقمار الواقعة في المركز سوف تكون منحرفة قليلاً عن محرق الهوائي. هذه المشكلة يتم تجاوزها أثناء ضبط زاوية السمت وزاوية الارتفاع لقرص الهوائي.

يجب التأكد أيضاً من أن قرص الهوائي متوضع بشكل سليم فوق الحامل ومثبت ببراغي مشدودة بشكل كامل.

الفحص التالي هو فحص زاوية المحور القطبي التي يجب أن تكون مساوية إلى خط عرض موقع القرص. إذ أن دقة مقياس الاستوائية (الزيبقية) هي بحدود 1± درجة، فالمطلوب هو أن يكون خط العرض محدد في موقع التركيب بهذه الدقة أيضاً. تأكد من أن السطح الذي وضعت عليه الزيبقية موازٍ للمحور القطبي الذي يدور حوله القرص. حالما يتم هذا الضبط. ثبت براغي ضبط المحور القطبي وفقاً لمواصفات التصنيع ثم أعد التأكد من الزاوية لتضمن بأن عملية تثبيت البراغي لم تتسبب بأية مشكلة. بعد ذلك تأكد من إزاحة زاوية الميلان للقرص. هذه الزاوية يمكن أن تقاس بضبط القرص باتجاه الجنوب تماماً. ثم يمرر خيط من أعلى إلى أسفل القرص. يوضع بعد ذلك مقياس الاستوائية بشكل خفيف على الخيط لقراءة إزاحة زاوية الميلان. على بعض الهوائيات، يمكن أن تقرأ زاوية الإزاحة من خلال مؤشر للزاوية مصمم لهذا الغرض. وفي هوائيات أخرى هنالك صفيحة خلفية يمكن أن تقاس زاوية الميلان عليها. مهما تكن طريقة القياس، فإن الزاوية تساوي مجموع زاوية خط العرض مضافاً إليها زاوية الإنزياح. الملحق C يبين مخطط الميلان من أجل خطوط العرض حتى 80° درجة.

الاختبار الأخير هو وضعية المحور باتجاه الشمال المغناطيسي تماماً. إحدى الطرق لذلك هو استعمال بوصلة دقيقة ووضع عصاتين تبعدان عن بعضهما البعض مقدار ثلاثة أمتار باتجاه المحور شمال-جنوب الذي يمر من خلال الحامل. تأكد بأنه لا يوجد على بعد ثلاثة أمتار على الأقل من القرص أي هيكل معدني يؤثر على قراءة البوصلة.

الاعراض: الصورة غير صافية، شدة الإشارة منخفضة أو وجود ومضات زائدة.

الأسباب الممكنة: أخطاء في توجيه الهوائي، خطأ في وضع المغذي، ضعف في كتلة LNA/LNB، رطوبة في الناقل المحوري، تماس ضعيف في الوصلة أو مشاكل في وحدة التغذية.

قم بفحص وضع الهوائي كما تم شرح ذلك سابقاً. فإذا بقيت الصورة ضعيفة عندئذ قم بالفحص التالي وهو تركيز قمع التغذية.

حرك الهوائي إلى أحد أطراف القوس وذلك بهدف تسهيل عملية الوصول لقمع التغذية والتأكد من مركزيته وضعه في المحور. لأجل تحقيق ذلك يستخدم جهاز إيجاد المحرق Focal Finder. هذا الجهاز له قضيب قابل للإمتداد والذي يشير بشكل مباشر إلى أسفل فتحة قمع التغذية. فإذا كان الموضع الذي يشير إليه القضيب الممتد لا يقع في منتصف القرص، فهذا يعني أن المغذي غير متمركز، عدّل بالمغذي حتى يصبح القضيب في مركز القرص وعمودياً على محاوره.

الطريقة الأخرى هي أن نقيس المسافة من حافة القرص إلى دليل الموجة الدائري للمغذي وذلك من أجل ثلاث نقاط من حافة القرص. فإذا كانت المسافات الثلاث متساوية، فعندئذ يكون المغذي متمركز بشكل صحيح. أما إذا كان هناك اختلاف بين المسافات فهذا دليل على وجود إزاحة وإنه بحاجة إلى ضبط حتى تصبح المسافات الثلاث متساوية.

لتحديد فيما إذا كان المغذي موازٍ لمحور الصحن. قم بوضع القاعدة بحيث يكون الصحن موجهاً نحو الجنوب. ضع مقياس الاستوائية خلف فتحة دليل الموجة الدائري. يجب أن تكون الزاوية مساوية لزاوية ميل القرص. فإذا كان ذلك مقاساً بواسطة خيط مشدود إلى المركز، فإن الزوايا يجب أن تكون متساوية. إن زاوية الإزاحة للهوائي يجب أن تطرح من هذه الزاوية المقروءة والناتج يجب أن يساوي زاوية خط العرض (انظر الملحق C من أجل مخطط زاوية الانحراف).

إذا كانت الزاوية المقروءة مساوية لخط العرض. فعندئذ يكون المغذي قد ضبط بشكل صحيح، سيما إذا كان القضيب متمركزاً. أما إذا لم تكن مساوية لخط العرض فعندئذ يكون المغذي غير موازٍ لمحور الصحن.

إذا كان المغذي مركباً على ثلاث أو أربع قضبان، فعندئذ يكون هنالك عادةً لكل قضيب طول إضافي للضبط يستخدم ليمركز المغذي. في حال كون مثبت المغذي هو خطاف من نوع J فإن القضيب يمكن أن يكون بحاجة لنحني قليلاً أو التدوير لتحقيق عملية الضبط الصحيحة.

إذا كان القضيب يحمل تأشيراً بالبعد المحرقي الواجب استخدامه، فإنه يكون من السهل عندئذ تحديد فيما إذا كان المغذي متوضع تماماً في المحرق. وإلا فقم بقياس المسافة من مركز الهوائي إلى نهاية دليل الموجة الدائري للمغذي. هذه المسافة يجب أن تكون أقل بـ 6.4 مم (ربع بوصة) من المسافة المركزية للصحن. بعبارة أخرى، فنقطة التركيز الفعلية هي بمقدار 6.4 مم داخل دليل الموجة الدائري.

تحديد البعد المحرقي

إذا كانت مسافة البعد المحرقي غير معروفة، فإنه يمكن أن تحدد حسابياً بطريقتين: بقياس قطر وعمق القرص. أو باستخدام النسبة F/D والقطر. عند قياس القطر، تأكد من أن القياس يبدأ من السطح العاكس وليس من الحافة الخارجية المدعمة للقرص. إذ أن ذلك قد يضيف 5 سم إلى القياس.

لتحديد عمق القرص. ثبت خيطاً على محيط قرص الهوائي بحيث يمر من مركزه، قس المسافة بين الخيط ومركز الهوائي، هذا القياس هو عمق القرص. لتحديد البعد المحرقي، يتم تربيع القطر وقسمته على عمق القرص مضروباً بالعامل 16.

عند استخدام النسبة F/D، فإنه لا يزال من الضروري إيجاد قطر الهوائي الفعال. اضرب النسبة F/D بالقطر المقاس لتحصل على البعد المحرقي. كلا هذان القياسان مبينان في الملحق C.

حالما يكون المغذي قد جرى وضعه في المحرق وأصبح القرص قادراً على سبر حزام Clarke، فإن الصورة وشدة الإشارة يجب أن تكونا ممتازتين. فإذا مازال هنالك ومضات زائدة، فعندئذ يجب فحص دقة سطح القرص وذلك بتمديد خيطين عبره. هذان الخيطان يجب أن يتقاطعا في المركز ويجب أن يكونا متعامدان عند نقطة التقاطع ومتماسان بشكل خفيف. فإذا لم يكونا كذلك، فهذا دليل على أن الصحن غير مستدير بشكل تام. حرك الخيطين بمقدار 45 درجة وقم بالفحص السابق، فإذا استمرا بعدم التماس فالصحن يجب أن يصحح. أما إذا كانا متماسين في الموقعين السابقين فإن المحيط الخارجي للقرص يكون مستوياً.

ابحث في سطح القرص عن ندبات في المعدن. أية ندبة تزيد عن 6.5 مم يجب تسويتها. إن الأقراص المصنعة من مواد بلاستيكية أو فيبر كلاس تميل إلى التقوس من أسفلها وهذا التقوس يصبح أكثر وضوحا مع الزمن بفعل الحمولة الناتجة عن الجليد والثلج. يمكن أن تنحل البراغي والصمن كلما تحرك الصحن إلى الأمام والخلف عند تحريك الهوائي له أو نتيجة لعصف الريح على سطحه. هذه الاهتزازات يمكن أن تسبب ضعف أو عدم استقرار في الصورة وخاصةً في الحزمة Ku. ولسوء الحظ، فإن العديد من الهوائيات مع قواعد التثبيت المصنعة لأنظمة استقبال الأقمار الفضائية غير ملائمة للعوامل الجوية. فأغلب هذه الهوائيات لا تدهن بمواد بلمرة تقيها من الأشعة فوق البنفسجية.

العديد من الهوائيات المصنعة من مواد فيبر كلاس تتصدع نتيجة الظروف الجوية سامحة للماء بالتغلغل ضمن الشقوق مما يزيد تدريجياً في حجم التصدعات وينتج عن ذلك تآكل المادة المعدنية العاكسة التي يطلى بها سطح القرص المصنع من مواد لدنة.

خلال سنتين أو ثلاث سنوات يبدأ سطح القرص بالصدأ من مكان تثبيت الخطاف J ومن مكان توضع البراغي. ويتعرى السطح بفعل العوامل الجوية وأملاح الدهانات المستخدمة. ومع ازدياد فعل التعرية والتآكل تبدأ مشاكل انخفاض ربح الهوائي.

الكابلات والوصلات

إذا لم تكن الوصلات من النوع المقاوم للعوامل الجوية، فإنها ستكون مصدراً للمتاعب. فالماء يمكن أن يسبب مشاكل كبيرة للكابلات المحورية.

إن مادة foam العازلة يمكن أن تمتص الرطوبة داخل الناقل. مما يؤدي إلى قصر الإشارات ذات الترددات العالية وانخفاضاً بجهد التغذية وتغيراً لجهود التحسين إذا ما تم نقل هذه الجهود عبر نواقل محورية. إن تسخين الوصلة بالإضافة إلى 10 سم من الناقل الموصول بها بمجفف الشعر سيؤدي إلى طرد الرطوبة. إذا كان هناك رطوبة في الناقل المحوري فإن ذلك سيظهر جلياً كمقاومة منخفضة بين الناقل المركزي والتحجيب المحيط به.

في الحالات الغير عادية، عندما تستخدم المكبرات LNAs، يجب فحص عمق الملمس المركزي للوصلة من نوع N، حيث يجب أن يكون أخفض من مستوى الحلقة الداخلية. فإذا لم يكن كذلك فإن التماس لن يكون جيداً.

عند استخدام الوصلات المخزنة بمواد مقاومة للرطوبة والماء يجب أولاً تنظيفها بشكل جيد. هذه المواد العازلة لم تصمم لتعمل مع وصلات تنقل جهود مستمرة. كما أن الشوائب ضمن هذه المواد العازلة تسبب قصر الإشارات ذات الترددات التي تتراوح بين 4 و 12 جيغاهرتز إلى الأرض، مما يؤدي إلى انخفاض الجهد. فإذا انخفض الجهد إلى مادون قيمة أصغرية محددة فإن ربح الكتلة LNB سوف ينخفض بشكل سريع. فمن أجل جهد 18 فولت لتغذية كتل LNA وLNB، تكون القيمة الأصغرية المسموحة بين 12 و 14.5 فولت . أما انخفاض الجهد إلى دون 11-12 فولت فيعني أن هذه الكتلة قد انهارت وأصبحت بدون ربح.

الاعراض: خيال ثانٍ في الصورة.

الأسباب الممكنة: تداخل بالاستقطاب ناجم عن إشارة قمر فضائي آخر أو ضبط غير صحيح لأداة التحكم بالاستقطاب، وجود مشكلة في مازج محول التردد أو الناخب أو وجود جهاز فيديو يشع بنفس التردد الحامل أو وجود تعديل راديوي ناتج عن محطة تلفزيونية محلية مجاورة.

إذا كانت المشكلة تحدث فقط عند استقبال إشارة بعض الأقمار الفضائية، فإنها قد تكون ناجمة عن تداخل بالاستقطاب من إشارة قمر فضائي آخر. وهذه المشكلة شائعة الحدوث في أقراص الهوائي الصغيرة.

إذا كان سبب المشكلة هو وجود قناة تلفزيونية محلية، فإن الكشف عنها يتم بعدم توصيل إشارة دخل للتلفزيون وملاحظة وجود صورة القناة المحلية على شاشة التلفاز.

في المستقبلات التي تعتمد على تحويل التردد الأحادي، إذا كان خيال الصورة لا يُرى على الأقنية بدءاً من القنال 18 وما فوق، بينما هو ملاحظ بشكل واضح على الأقنية 17 وما دون، فإن العطل المختص يكون في المبدِّل الخافض لتردد downconverter.

يأتي الخيال من القنال التي تبعد سبع أقنية من القنال الحالية المنحنة. ولذلك فالقناة 17 يمكن أن يأتيها خيال من القنال 24. والقناة 16 يمكن أن يرافقها خيال آتٍ من القناة 23. وهذا صحيحٌ في التصاميم التي تتضمن مذبذب محلي بحزمة جانبية منخفضة. فإذا رافق التيار المستمر مذبذباً من هذا النوع فإن الأقنية (1-6) ستكون صافية بدون خيال. أما الأقنية (7-24) فستكون مصحوبة بأخيلة لأقنية أخرى لها خيال. إذا حدثت إحدى هاتان الحالتان، فإن العطل يكون في دارة محول خفض التردد. وهذا على الأغلب دليل على أن ديود المازج إما أن يكون مفتوحاً أو مقصوراً أو أن محول خفض التردد قد أصبح غير متوازن. وفي جميع الحالات، من الأفضل إعادة المستقبل إلى المصنع للضبط لأن ذلك ليس بالأمر السهل عن طريق مراقبة الـ VITS براسم الإشارة.

الاعراض: صورة معماة.

الحالات المحتملة: وضع غير صحيح في مفتاح القطبية للفيديو. بث مشفر. عدم قفل حلقة القفل الطوري PLL. عطل في قسم التضخيم الفيديوي. عطل في معدل التردد الراديوي أو إزاحة في تحين تردد الخرج للمستقبل. إذا كانت كل الأقنية معماة، يجب تحويل مفتاح القطبية للفيديو. و غالباً بمجرد وضع المفتاح في حالة التوصيل ON سوف تحل المشكلة.

قد يكون سبب العطل كامناً في تماسات المفتاح. لذا ينبغي استخدام راسم إشارة لفحص خرج الفيديو. إذا تم تغيير وضعية المفتاح، فإن نبضات التزامن يجب أن تتحول من القطبية الموجبة إلى السالبة وبالعكس.

إن دارة حلقة القفل الطوري PLL تتحقق بمكثف متغير يمكن بضبطه قفل دارة PLL على الترددات الصحيحة. و غالباً ما يكون سبب الصورة المعماة عطل في هذا المكثف. اضغط بشكل خفيف على المكثف مع مراقبة الصورة. فإذا أصبحت الصورة صافية فإن مصدر العطل هو هذا المكثف.

الاعراض: خط أسود متموج بشكل شاقولي في الصورة.

الحالات الممكنة: ضبط غير صحيح لمفتاح قطبية الفيديو. بث مشفر.

الاعـراض: عـدم اسـتقبال جميـع محطـات الاقمـار الفضائية.

الحالات الممكنة: توجيه خاطئ للقرص الهوائي. ضبط غير صحيح للمفتاح Format Switch.

إن مجال الضبط الآلي للتردد AFC في بعض المستقبلات يكون ضيقاً نسبياً. وهذا يمنع المستقبل من أن يقاد عن طريق الحامل TI. كما أنه يمنع المستقبل من القفل على الحطة التالية المزاحة بمقدار 20 ميغاهرتز. في مثل هذه المستقبلات. إذا كان مفتاح Satellite Format موضوع بشكل غير صحيح. فإن المستقبل سوف يتم توليفه من أجل الأقنية المزدوجة والمستقطب Polariser سوف يضبط من أجل الأقنية الفردية أو بالعكس.

الاعراض: شاشة سوداء أو فضية حين الضبط فقط على بعض الاقنية.

الحالات الممكنة: مشاكل في TI أو في الناخب، كتلة LNA، كتلة LNB أو محول خفض التردد.

الاعراض: مقياس شدة الإشارة يتذبذب بين قيمتين، والصورة يتغير صفاؤها.

الحالات الممكنة: مشكلة في TI، رطوبة في دليل الموجة، LNA أو الناقل المحوري. توصيل متقطع في LNB، LNA، أو محول تخفيض التردد.

الاعراض: المحرك يتحرك في اتجاه واحد.

الحالات الممكنة: عطل في مفتاح التحديد. عطل في مفتاح الاتجاه، عطل في وحدة التغذية أو عطل في دارة التغذية العكسية.

الاعراض: الاستقطاب لا يتغير أو متقطع.

الحالات الممكنة: قطر الناقل المحوري صغير من أجل الطول المستخدم، عطل في المستقطب. عسية تحين تناعم للاستقطاب غير صحيحة. رطوبة في المستقطب. ضبط واجهة الاستقطاب غير صحيح أثناء البرمجة.

الأعراض: أزيز في الصوت.

الاحتمالات الممكنة: حلقات في التأريض. ضبط خاطئ لكاشف الصوت. مستوى الإشارة الفيديوية إلى إشارة المعدل عالي جداً.

الأعراض: رنيم (hum) في الصوت.

الاحتمالات الممكنة: مشاكل في التأريض. عطل في التغذية (عطب ديود أو مكثف ترشيح)، حدوث قصر في المضخم.

الأعراض: إزاحة في مقياس ضبط التردد المركزي

الاحتمالات الممكنة: ضبط خاطئ للتحكم الآلي بالتردد AFC. تداخل مع محطات أرضية TI، ضبط خاطئ للتردد المتوسط. ضبط خاطئ لتردد القنال.

إذا كانت الإزاحة واحدة لكل الأقنية، فالمشكلة تكمن في ضبط خاطئ للمستقبل أو ضبط غير مناسب لمرحلة التحكم الآلي بالتردد. تضبط مرحلة التحكم الآلي بالتردد عادةً مع محول تخفيض التردد المرتبط معها ولكن بدون وجود أية إشارات دخل. يجب أن يضبط مقياس التردد على التردد المركزي. إذا لم يكن الأمر كذلك، عندئذ تضبط مرحلة AFC بحيث يكون المقياس مضبوطاً على المركز. ينبغي التأكد من أن المقياس نفسه غير منحاز عن نقطة ضبطه المركزية. يتم ذلك باستخدام مستقبل لا يعمل، وبوصل طرفي المقياس مع بعضهما البعض.

الأعراض: تشخيطات Jitters على الإشارة المرئية.

الاحتمالات الممكنة: مستوى إشارة الفيديو غير صحيح، ضبط خاطئ لمرحلة التحكم الآلي بالتردد، ضبط خاطئ لكاشف الإشارة المرئية، دارة المسك Clamping عاطلة أو مرشح أو مكثف تمرير لا يعمل.

إن مشاكل الإشارة المرئية يمكن أن تنشأ عن إشارة فيديوية ضعيفة جداً أو قوية جداً. تنشأ تشخيطات إشارة الفيديو عادةً عن مستوى إشارة مرئية تصل إلى المعدل بحيث لا تؤمن انحراف كافٍ. وقد ينشأ أثر مشابه عن دارة PLL غير مضبوطة بشكل مناسب. إذا كانت الصورة تبدو وكأنها ترتجف، خاصةً أثناء المشاهد اللامعة، فعندها قد يكون العطل في دارة المسك أو أن مفتاح التشغيل لهذه الدارة هو في وضع Off.

إن مكثف تمرير سيئ قد يسمح للتغذية العكسية بالمرور إلى أجزاءٍ أخرى من الدارة و هذا يمكن أن يسبب أيضاً تموجات في الصوت.

الأعراض: القفز بين الاقنية، انزياح في الاقنية.

الاحتمالات الممكنة: رطوبة في نواقل محول تخفيض التردد أو LNC، جهد تنحين متقطع، عطل في دارة التحكم الآلي بالتردد. عطل في ناخب نظام LNB. عطل في دارة VTO أو VCO في محول تخفيض التردد أو في LNC.

الأعراض: عدم وجود صوت أو صورة مع عدم وجود إشارة على مقياس شدة الإشارة.

الاحتمالات الممكنة: الناقل المحوري عاطل. توجيه خاطئ للهوائي، LNA/LNB أو محول تخفيض التردد عاطل أو مرحلة التردد المتوسط عاطلة.

يوصل مقياس شدة الإشارة قبل دارة التحديد. وبذلك يتم التأكد من أن المحدد ودارات التوازن لمستقبل تعمل بصورة صحيحة. يجب فحص الناقل المحوري عند نقطة دخوله إلى الواجهة الخلفية للمستقبل. وللتأكد أيضاً من نقطة التوصيل على البورد. حاول أن تفصل الجاك وتعيده. تأكد من أن الوشائع غير مقطوعة والقنب الفريتي غير عاطل.

الأعراض: شاشة سوداء على جميع الاقنية ولكن الصوت موجود.

الاحتمالات الممكنة: مضخم الصورة عاطل، مفتاح القطبية للصورة عاطل، ناقل إشارة الصورة مقصور.

إذا كان الصوت موجوداً، فهذا يعني أن دارة الكاشف لإشارة الفيديو تعمل بشكل جيد والمشكلة تقع في مضخم إشارة الفيديو أو في المرشح أو في دارة المسك. غالباً ما تمر الإشارة بمفتاح القطبية لذلك يجب فحصه أولاً. إذا كانت الترانزستورات مستخدمة فينبغي التأكد من جهود الانحياز. أما في حال استخدام ICs نتأكد عندئذ من جهود التغذية وإشارات الدخل والخرج.

الأعراض: المستقبل يشير إلى قنال، والتلفزيون يُظهر قنال أخرى.

الاحتمالات الممكنة: يكون مفتاح نظام الاستقطاب Polarisation Format في الوضعية الخاطئة، المستقطب Polariser غير مضبوط، جهد تنحين القنال غير موجود، تردد المذبذب المحلي LO للكتلة LNB غير صحيح، ناخب كتلة الترددات عاطل، دارة التحكم الأتوماتيكي بالتردد عاطلة أو كاشف إظهار رقم القنال عاطل.

إذا كان المستقبل غير متلائم مع الناقل ومحول تخفيض

التردد، فعندئذ، يمكن أن يكون جهد تنحين محول تخفيض التردد عاطل. هذا يمكن أن يتسبب بأن تكون قناة واحدة أو حتى جميع الأقنية غير مضبوطة، وهذا يعتمد على طريقة التنحين. وبما أن كل مستقبل له إجراءات ملائمة خاصة به؛ فإن الاتصال بالشركة المصنعة بهدف الحصول على التعليمات بهذا الخصوص هو أفضل إجراء يمكن أن يتبع.

الأعراض: خطوط أفقية تعبر الصورة بشكل بطيء.

الاحتمالات الممكنة: وجود حلقة تأريض، استخدام سلك رفيع جداً للمستقطب، مكثف ترشيح وحدة التغذية عاطل.

إذا اختفت الخطوط الأفقية عند فصل المستقطب، فهذا دليل على أن قطر السلك غير كافٍ. يمكن التعويض عن هذا بإضافة مكثف كيميائي بقيمة من 100 إلى 1000 ميكروفاراد على جهاز الاستقطاب بين النقطة B+ والأرض.

إذا ظلت الخطوط عند فصل المستقطب، فمن الممكن أن تكون المشكلة في وجود حلقة تأريض بين المستقبل وعنصر آخر، ويجب استخدام ملائم لرفع الشاسية عن الأرض. إذا اختفت الخطوط، فهذا دليل على وجود فرق في الجهد بين أرضي المستقبل وأرضي الهوائي. إن أرضي الهوائي هي أهم نقطة أرضي وذلك لحمايته من الصواعق لذلك يجب عدم المساس بها وإنما يجب رفع المستقبل، والفيديو VCR ومكبرات الصوت عن الأرضي.

بعد الإجراءات السابقة، إذا لم نتخلص من الخطوط الأفقية، يجب التأكد من خرج وحدة التغذية بحيث يكون خالياً من تموجات التيار المتناوب المحمنة على مركبة التيار المستمر. في حال وجود مثل هذه التموجات، يجب استخدام مكثف ذو جهد أعلى من المكثف المستخدم في المستقبل أو مساوياً له، يلحم على التفرع مع المكثف الأساسي لتحديد فيما إذا كان العطل منه. إن مكثف المرشح الأساسي يمكن أن تقل فاعليته، لذلك فإن هذه المشكلة تزداد سوءاً بالتدريج.

الأعراض: انصهار فيوز المستقبل.

الاحتمالات الممكنة: وجود قصر في أحد المكونات: وحدة التغذية LNA، LNB، LNC؛ محول تخفيض التردد قسم المخدّم من IRDs.

افصل التغذية عن الكتل LNA أو LNB، وعن خط ضبط جهد محول تخفيض التردد وخط التحكم بالاستقطاب من المستقبل. إذا انصهر الفيوز من جديد، فإنه يوجد قصر بدون شك في المستقبل. والأسباب الأكثر احتمالاً لذلك هي وجود قصر في محول التغذية، أو ديود التقويم، وجود قصر أو تسريب في مكثف الترشيح، أو قصر في دارة تنظيم الجهد. يجب الحذر من تبديل الفيوز بآخر يسمح بمرور تيار أكبر، لأن ذلك سوف يسبب ضرراً.

الأعراض: انصهار فيوز دوران المحرك.

الاحتمالات الممكنة: عزم المحرك صغير لتحريك قرص الهوائي، المحرك متوضع بشكل غير صحيح، صدأ أو كتل أخرى متوضعة على محوره.

يزود المحرك عادةً بفيوز حماية داخلي. ويعود السبب في حصول القصر إلى أن محور المحرك يعاني من انحناء، أو أن عزمه غير كافٍ لتحريك مثل هذا النوع أو بهذا الحجم من الأقراص. وفي الشتاء فالسبب المحتمل للعطل هو وجود قطع من الجليد ممسكة بالمحور. لذلك يجب عزل جسم علبة المسننات والمحور بمادة عازلة أو غطاء، بحيث تمنع قطرات الماء من التغلغل إلى المحور.

الأعراض: خطوط أفقية معتمة على الشاشة مع وجود هميم في الصوت.

الاحتمالات الممكنة: عطل في مكثف الترشح أو ديود التقويم في وحدة التغذية، أوحلقة تأريض سيئة.

إن السبب الأكثر احتمالاً هو فصل في مرشح وحدة التغذية. مما يؤدي إلى مرور مركبة جهد متناوب مع الجهد المستمر مسببة وجود مركبة بتردد 50 هرتز من أجل مقومات نصف موجة. وبتردد 100 هرتز في المقومات الجسرية ذات الموجة الكاملة. وأيضاً في حالة فصل أو قصر أحد الديودات فإن مكثفات الترشيح لن تحافظ على مستوى جهد مستمر ثابت وسوف يتأرجح جهد الخرج مع تغيرات جهد الدخل مسبباً حدوث همهمة في الصوت.

إن وجود حلقة تأريض أيضاً بفرق جهد عالي يسبب ذات التأثير. وإذا حدث قصر لجهد المحرك مع الجسم فإن تأثيراً مشابهاً سيحدث بالرغم من أن فيوز المحرك سوف ينصهر، ويمكن أن تختفي الهمهمة بفصل التغذية عن علبة التحكم بالمحرك.

الأعراض: المستقبل لا يغير الأقنية.

الاحتمالات الممكنة: دارة التنحين في المستقبل عاطلة، VTO أو VCO عاطلة في محول تخفيض التردد، LNC أو ناخب كتلة التردد، أو ناقل جهد التنحين مفصول أو عاطل في أنظمة التبديل المفرد (ذو التردد الواحد).

يجب التأكد من قيمة جهد التلحين لمحول تخفيض التردد أو لملحن كتلة التردد أو LNC. فإذا كان الجهد موجوداً فإن الفرصة كبيرة في أن يكون المستقبل والناقل سليمان.

إذا تمت المحافظة على ذات القنال دائماً في حال إطفاء وتشغيل المستقبل؛ فهذا دليل على أن جهد التغذية يصل بصورة صحيحة لمحول تخفيض التردد وLNA ولكن المذبذب VTO أو VCO في محول تخفيض التردد/ناخب كتلة الترددات لا يستجيب لجهد التلحين ويجب استبدال المذبذب VTO أو الناخب.

أما إذا كان جهد التلحين غير موجود، فإنه من المحتمل أن يكون مضخم جهد التلحين عاطلاً، واستبداله ممكنٌ لأنه عبارة عن مضخم عملياتي شائع الاستخدام.

الاعراض: محرك القيادة عاطل.

الاحتمالات الممكنة: سلك مقطوع بين قسم التحريك وقسم التحكم، وشيعة المحرك مقطوعة أو التماسات متآكلة.

هناك احتمال لحدوث استعصاء ميكانيكي، أو أن أحد البراغي أو الصمن منحلة، أو قطع سلك. و إذا كان عمر المحرك يزيد عن سنة فإن التماسات على الأغلب تكون متآكلة وهي السبب في العطل.

26

العناصر المتخصصة

لإجراء الصيانة وإصلاح أنظمة استقبال التوابع الصنعية بفاعلية، ينبغي فهم وظيفة أغلب العناصر التي تدخل في تكوين دارات المستقبل.

هذه العناصر، تتفاوت من دارات متكاملة معتمَدة في أجهزة التلفزة و الراديو MF إلى دارات خاصة مصممة للاستخدام في مستقبلات التوابع الصنعية حصراً مثل مرشحات SAW. وقد تضمن هذا الفصل معلومات عن العناصر شائعة الاستخدام في التجهيزات الإلكترونية مثل الديودات، الترانزستورات الحقلية FETs، و الترانزستورات والدارات المتكاملة.

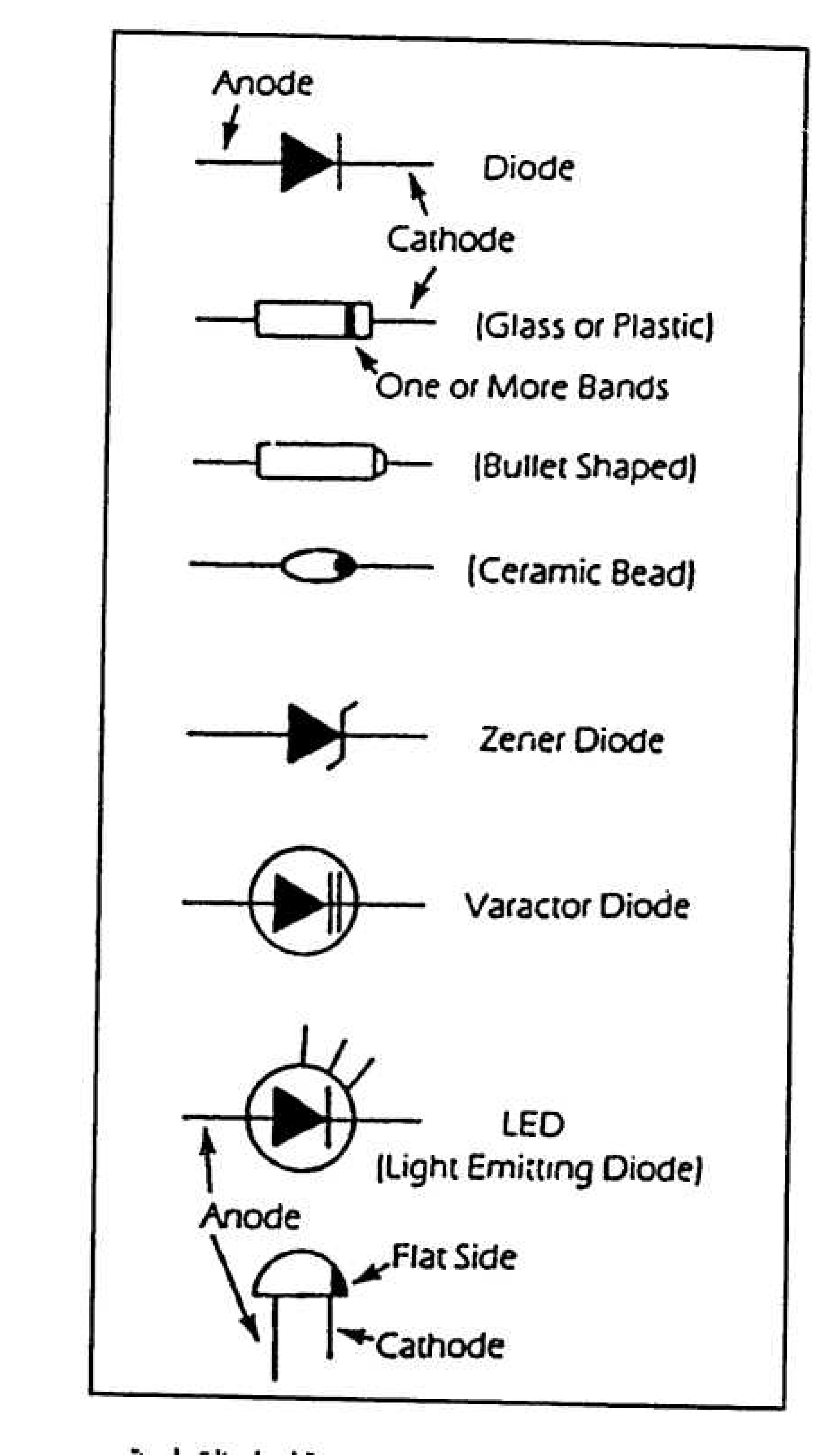
الديودات

هي عناصر ذات طرفين، ولها قطبية تمكن من تغيير جهد متناوب إلى جهد مستمر من خلال عملية تسمى بالتقويم. يوضح الشكل 26-1 رموزاً لمختلف الديودات. وتستخدم الديودات في وحدات التغذية، دارات التحكم الآلي بالربح AGC، دارات كشف التعديل، دارات القياس، دارات التلحين ودارات التحديد.

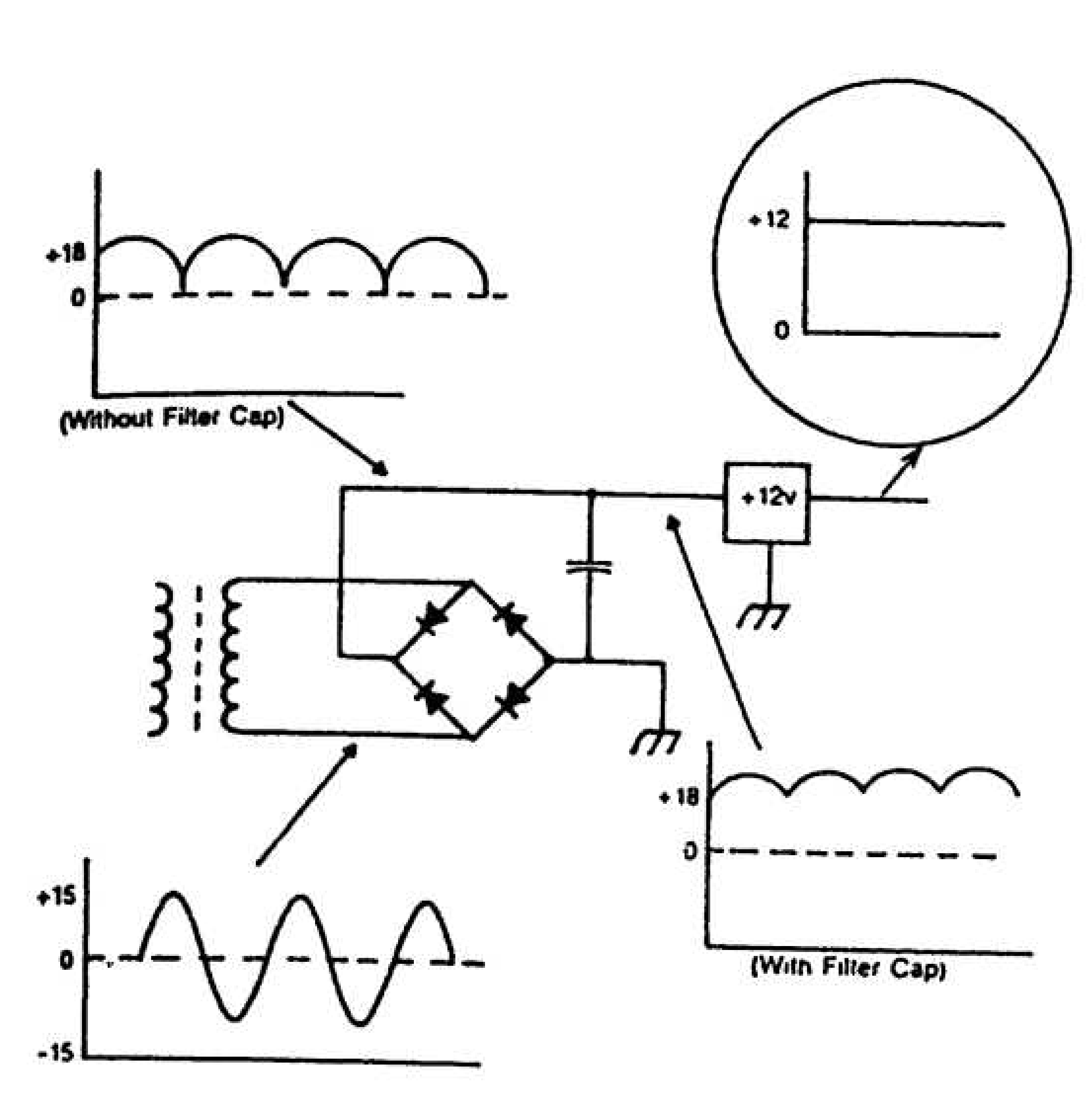
تصمم الديودات لنقل النصف العلوي أو السفلي من الموجة المتناوبة، وذلك حسب قطبيتها. ويظهر الشكل 26-2 الإشارات التي يمكن رؤيتها في دارة تقويم كلاسيكية. بإضافة مكثف ترشيح، يتم تنعيم تعرجات الجهد المستمر ويتحول الجهد إلى جهدٍ ثابتٍ.

في بعض المستقبلات، تستخدم الديودات في دارات كشف التعديل لإشارة الفيديو. ففي كاشف التعديل مع خط تأخير، يوجد ديودان أو أربعة على شكل جسر، وهي عموماً من نوع شوتكي غير أنها يمكن أن تكون ديودات إشارة عادية. ويجب تجميعها أقرب ما يمكن لبعضها البعض لتأمين موجة فيديوية غير مشوهة عند الخرج. يوضح الشكل 26-3 دارة كاشف تعديل مع خط تأخير. إن دارات كشف التعديل للإشارة الفيديوية قد جرى بحثها بالتفصيل في الفصل 9. وتستخدم ديودات شوتكي السريعة في دارات التحديد، ومن العناصر الشائعة الديود HP5280-2800. وهو ذو زمن فتح وقفل قصير جداً لذلك فإنه بإمكانه إلغاء التردد 30 هرتز المسبب للرجفان "dithering" وذلك بمسك متوسط مستوى الجهد المستمر عند قيمة ثابتة، في حين تمر إشارة الفيديو ذات التردد العالي. وهناك مثال لدارة مسك باستخدام الديود موضحة في الشكل 26-4.

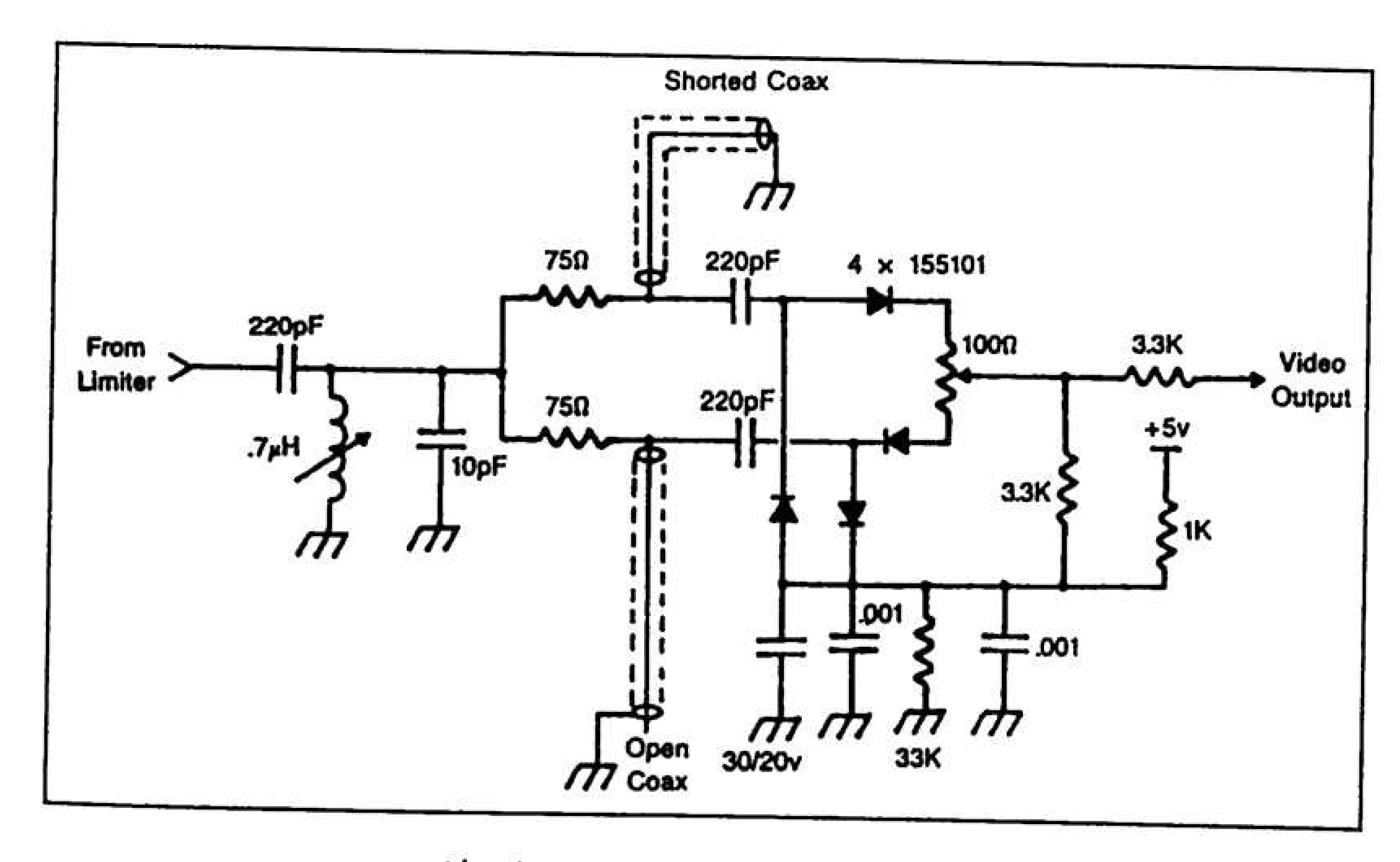
هناك عنصر وحيد، يتضمن في تكوينه جزءاً سعوياً وجزءاً يقوم بوظيفة ديود، يسمى هذا العنصر varactor، ومن المعتاد استخدامه لضبط دارات التلحين لأن قيمة المكثف فيه تتغير مع تغير الجهد المطبق عليه. والشكل 26-5 يبين مثالاً لاستخدام ديود varactor لضبط دارة قفل طوري PLL.



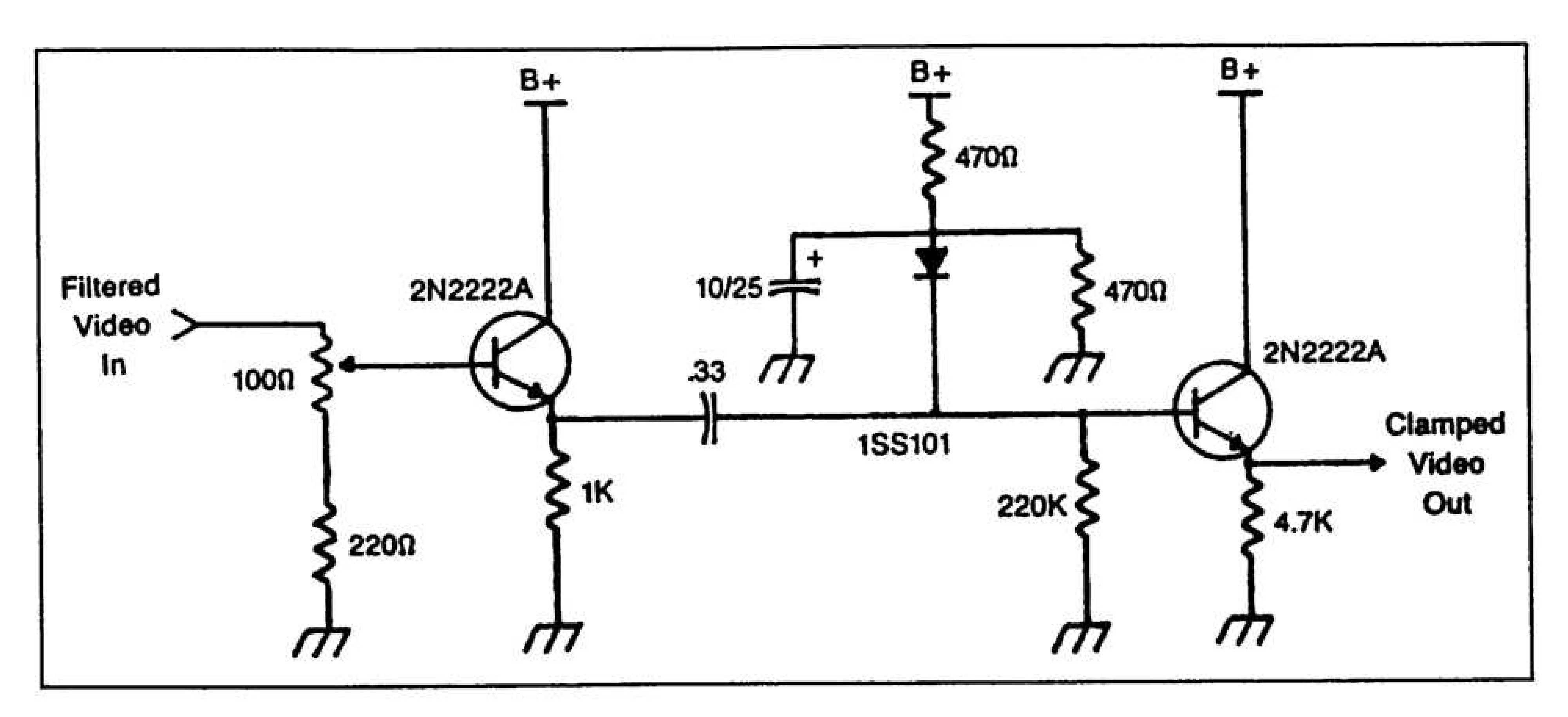
شكل 26-1. ديودات – رموز توضيحية لبيان القطبية.



شكل 26-2. إشارات لوحدة تغذية فيها جسر تقويم لموجة كاملة. إن الجهد المتناوب القادم من المحول هو 30 فولت. إن خرج الجسر هو نبضات لتيار مستمر. بإضافة مكثف ترشيح عالي القيمة يمكن تنعيم الجهد المستمر. وبتمريره عبر منظم جهد نحصل على قيمة ثابتة ويجب أن يزيد جهد الدخل للمنظم بمقدار 3 فولت على الأقل عن الجهد المراد تنظيمه.



شكل 26-3. ديودات لكشف الفيديو في دارة تمييز ذات تأخير زمني.

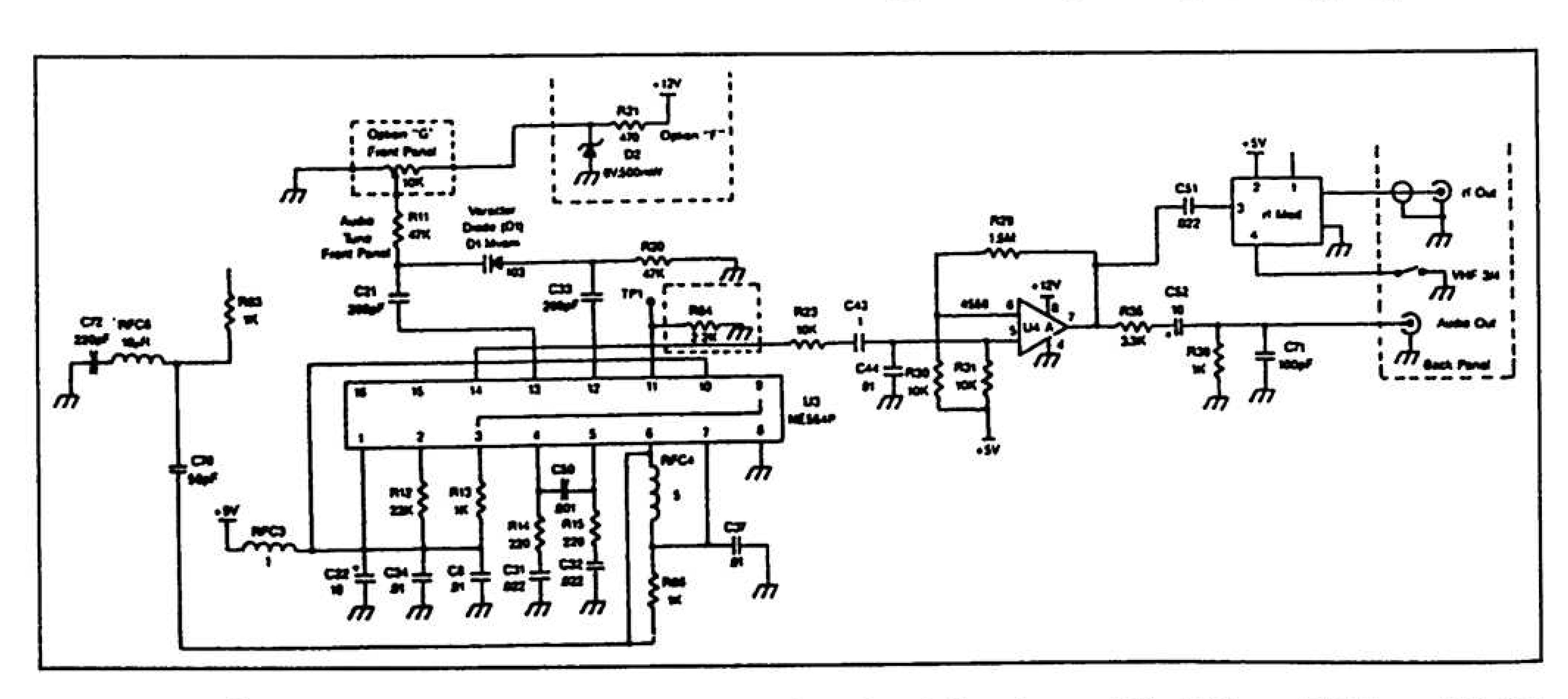


شكل 26-4. دارة مسك يستخدم فيها الديود ذاته كما في دارة المميز المبينة في الشكل السابق 26-3.

الترانزستورات

الترانزستورات عبارة عن عناصر ذات ثلاثة أرجل يمكن استخدامها لتكبير الإشارات أو تحديدها. أرجل الترانزستورات التي تؤلف القاعدة، الباعث و المجمع لا يمكن تغيير مواضعها، إذ لا تعمل الدارة عند أي تبديل بينها. والترانزستور هو أساساً عبارة عن ديودين موصولين عبر القاعدة. الشكل 26-6 يدل على رموز الترانزستورات وشكلها الفيزيائي. (انظر أيضاً الأشكال 26-7 26-8).

إن جميع أنواع الترانزستورات يمكن تصنيفها ضمن العائلة NPN و PNP، حيث N وP هما الاختصار للموجب والسالب، وتشير إلى جهد الاستقطاب الطبيعي للباعث، القاعدة و المجمع بالنسبة لبعضها البعض. النقطة الهامة التي ينبغي معرفتها حول دارات الترانزستور، هي أن النوع NPN يفتح أو يصبح ناقلاً بين الباعث والمجمع حين يطبق على قاعدته جهداً موجباً أكثر من جهد الباعث. وكذلك يصبح النوع PNP ناقلاً متى وجد جهد سالب على القاعدة يزيد عن الجهد السالب أو الأرضي الموصول إلى الباعث.



شكل 26-5. ضبط قنال الصوت لكاشف PLL بديود Varactor. فعندما يتغير الجهد على طرف المقاومة المتغيرة لضبط الصوت، تتغير أيضاً سعة المكثفة للديود Varactor، وهذا يؤدي إلى تغيير في تردد القفل لدارة PLL.

شكل 26-6. نقاط الخرج ورموز الترانزستورات من نوع NPN وPNP.

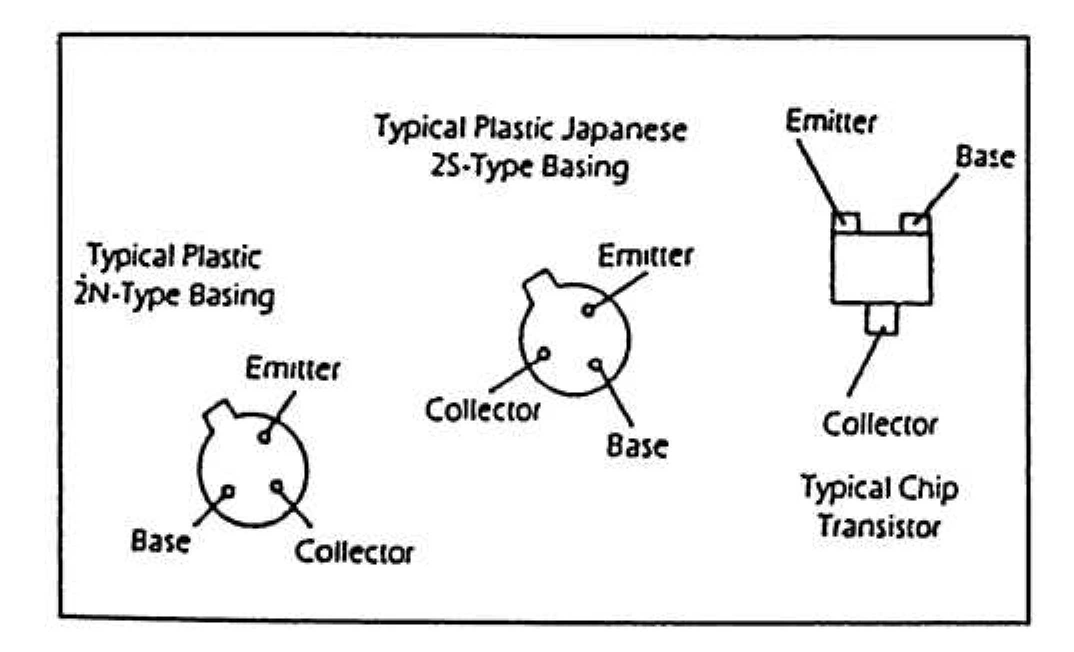
شكل 26-7. دارة مكبر NPN. هذه الدارة توضح استقطاب ترانزستور NPN.

شكل 26-8. دارة ترانزستور PNP تبين جهود الاستقطاب لهذه الدارة وهي قليلة الاستخدام في مستقبلات التوابع الصنعية.

الترانزستورات المكافئة

قد تكون المراجع الأكثر فائدة حول الترانزستورات، هي تلك التي وضعتها IR، RCA، ECG وRadio Shack. هذه المراجع تصنف آلاف الترانزستورات، FETs والدارات المتكاملة، إضافة إلى إعطاء أرقام بدائلها مع قائمة بمواصفاتها الأساسية. وهكذا يمكن للفني الذي لا يعرف نوع الترانزستور إن كان NPN أو PNP، يمكنه أن يجد الترانزستور المكافئ ويستطيع أن يستنتج نوع الترانزستور بعد ذلك.

إن دراسة تصنيف الترانزستورات في المراجع تبين بوضوح بأنه في أغلب الحالات، هناك عدد محدود جداً من الترانزستورات يمكن أن يحل مكان مئات منها؛ ويجب تخزين ما لا يزيد عن أصابع اليد من أنواع الترانزستورات اللازمة لصيانة مستقبلات التوابع الصنعية المنزلية TVRO. هناك ترانزستوران من الحجم الصغير يمكن أن يحلا كبديلين عن الترانزستورات في أغلب التطبيقات وهما 2N3904 (NPN) و2N3906 (PNP). بالنسبة لإشارة الفيديو فإن الترانزستور 2N2222A بعلبته المعدنية هو البديل لأغلب الترانزستورات من نوع NPN، وفي دارات مكبرات التردد المتوسط IF فإن الترانزستورات 2N5179، 2SC2876, 2SC2498 هي البدائل للعناصر الموجودة في أغلب الدارات.



شكل 26-9. اختلافات في توضع الأرجل. على الرغم من أن الترانزستورات المكافئة لبعضها يمكن أن تكون من نوع 2N و2S. غير أن توضع أرجلها يختلف. فإذا استبدل ترانزستور 2N (إلى اليسار) مع آخر من سلسلة 2S دون تغيير لوضع الأرجل قاعدة ومجمع، فإن ذلك يمكن أن يؤدي إلى عطب الترانزستور.

إن توضيع الأرجل يجب أن يتم بحذر، إذ أن السلسلة 2SA, 2SB, 2SC غالباً ما تكون مختلفة عن السلسلة 2N. والشكل 26-9 يبين الفرق بين نوعين متكافئين لهما نفس الشكل ويختلفان بتسميات الأرجل.

تستخدم الترانزستورات ذات الاستطاعة العالية من نوع NPN في دارات تنظيم الجهد. وغالباً ما تكون من سلسلة TIP المعلبة حسب النموذج TO-220 والتي تنتجها شركة Texas

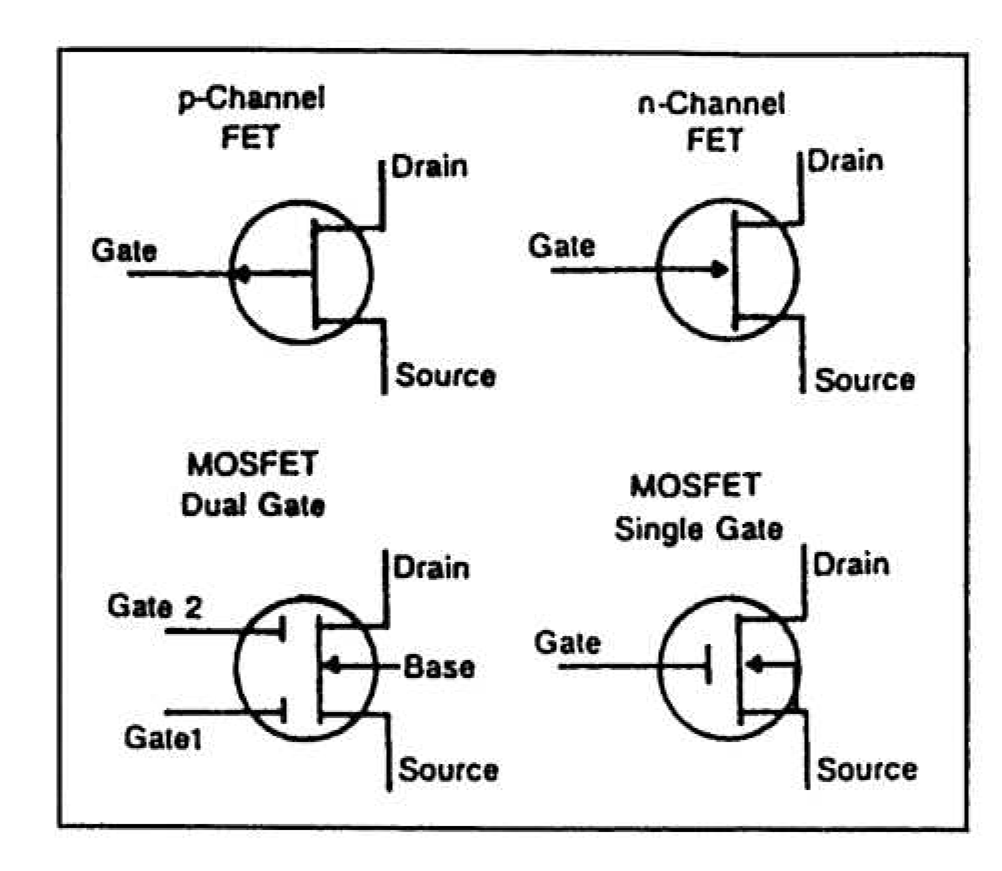
..Ins. لذلك يجب تخزين أصناف قليلة من هذه السلسلة مثل TIP-31A وTIP-41A. كذلك يستخدم أحياناً الترانزستور 2N3055 بنموذج TO-3 كترانزستور تمرير. لذلك ينبغي الاحتفاظ بأعداد قليلة منه أيضاً.

يمكن فحص الترانزستورات اعتماداً على مقياس - أوم أو DMM. في بعض الحالات، يجب نزع العنصر من الدارة للحصول على قراءة صحيحة.

ترانزستورات التأثير الحقلي FETs

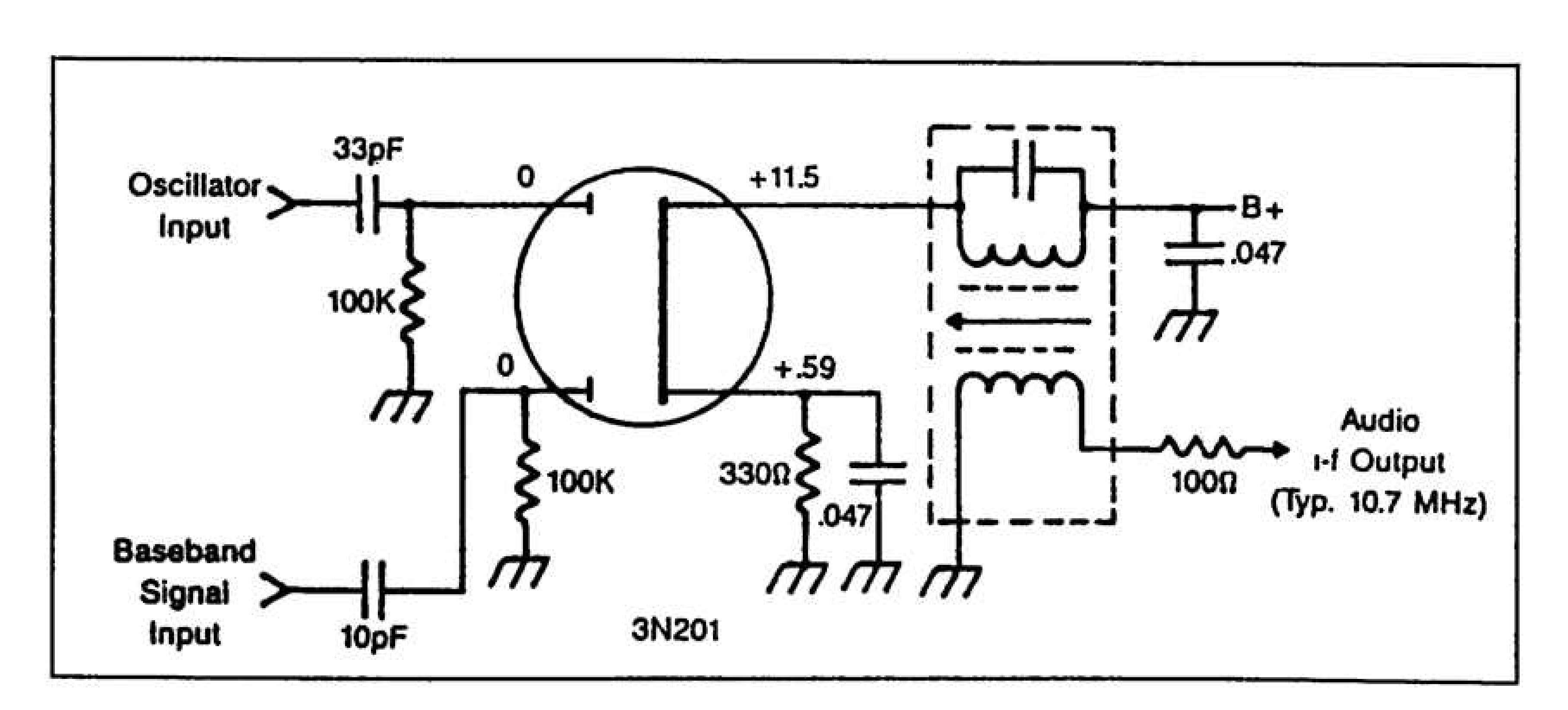
هناك نوع آخر من العناصر ذات الثلاثة أرجل. إنها تشبه الترانزستورات الأخرى من حيث كونها عناصر مصنوعة من أنصاف النواقل، ويمكن استخدامها كمكبر أو قاطع switch ولكنها تختلف تماماً في البنية وطريقة العمل، فهي عناصر يتم التحكم بها بواسطة الجهد، في حين يتم التحكم بالترانزستورات الأخرى عن طريق التيار. وهي تتمتع بممانعة دخل عالية وضجيج داخلي منخفض جداً.

في الشكل 26-10، توجد أشكال ورموز مختلفة لعناصر FETs. ويرمز للأرجل الثلاثة، المصرف Drain، الشبكة Gate والمنبع Source بالرموز G, D وS. وهناك أربعة أنواع من العناصر FETs، قنال-P، قنال-N إضافة إلى MOSFET قنال-P وMOSFET قنال-N. وللنوع MOSFET عموماً أربعة أرجل وتبدأ تسميتها عادة بالرمز 3N. وهي أيضاً عناصر حساسة للشحنات الساكنة لذلك ينبغي مسكها بحذر (انظر الفقرة التالية حول الحماية من الشحنات الساكنة).



شكل 23-10. رموز بيانية للترانزستورات FETs. تتضمن الترانزستورات من نوع قنال-P وقنال-N، إضافة لترانزستورات MOSFET ذات شبكة وحيدة وثنائية الشبكة.

يستخدم كل من النوعين FETs وMOSFET كمازج في دارات كشف التعديل للصوت وكمكبرات جهد في دارات الصوت والصورة وأيضاً كمفاتيح سريعة في دارات المسك. والشكل 26-11 يوضح دارة مازج شائعة الاستخدام. إن طريقة فحص ترانزستورات FETs تتم بالأسلوب المتبع لفحص الترانزستورات ثنائية القطبية، فمقياس-أوم يدل مباشرة على وجود فصل أو وصل دائم في الترانزستور FET أو كونه ذو وصلة جيدة. وإن كان العنصر مجمع على الدارة، فالأفضل آنذاك فحص جهد الاستقطاب.



شكل 26-11. ترانزستور MOSFET ثنائي البوابة مستخدم كمازج. في هذه الدارة توجد إشارة الفيديو لمحطة الارسال على إحدى البوابتين، وتوجد إشارة المذبذب المحلي على البوابة الأخرى. إن الخرج هو الحامل الثانوي المطلوب ويكون عادةً بتردد مركزي 10.7 ميغاهرتز.

الدارات المتكاملة ICS

هنالك الكثير من الدارات المتكاملة المستخدمة في مستقبلات التوابع الصنعية. ويمكن تصنيفها كعائلة واحدة عندما تتعامل مع إشارات من طبيعة واحدة ومستوى جهد واحد. ومن العائلات يوجد TTL، CMOS وECL والدارات المتكاملة الخطية.

يمكن تقسيم جميع الدارات المتكاملة مبدئياً إلى عائلتين كبيرتين هما الدارات الرقمية والدارات التشابهية. والدارات المنطقية تعني أنها تستجيب إلى مستويين للجهد فقط هما +5 فولت ويدعى بالمنطق "1" والأرضي ويسمى "0" منطقي. وتستجيب الدارات التشابهية إلى إشارة تشابهية.حيث توجد تغيرات مستمرة في مستوى الإشارة. وتعرف الدارات المتكاملة التشابهية عموماً بالدارات الخطية. وهناك استثناءات حين تستخدم العائلة على عكس وظيفتها. فمثلاً، حين تعمل الدارة الرقمية لتمرير الجهد التشابهي، أو حين تقوم الدارة التشابهية بدور المقارن وتعطي جهداً عالياً أو منخفضاً.

حتى هذا الوقت، هناك فقط عدد قليل من الدارات المتكاملة مصنعة خصيصاً للاستخدام في مستقبلات التوابع الصنعية. ويقوم المصممون أحياناً باستخدام الدارات المتكاملة عند مواصفاتها القصوى أو تستخدم بعض الدارات المتكاملة لتطبيقات مغايرة تماماً لما هي مصممة من أجله.

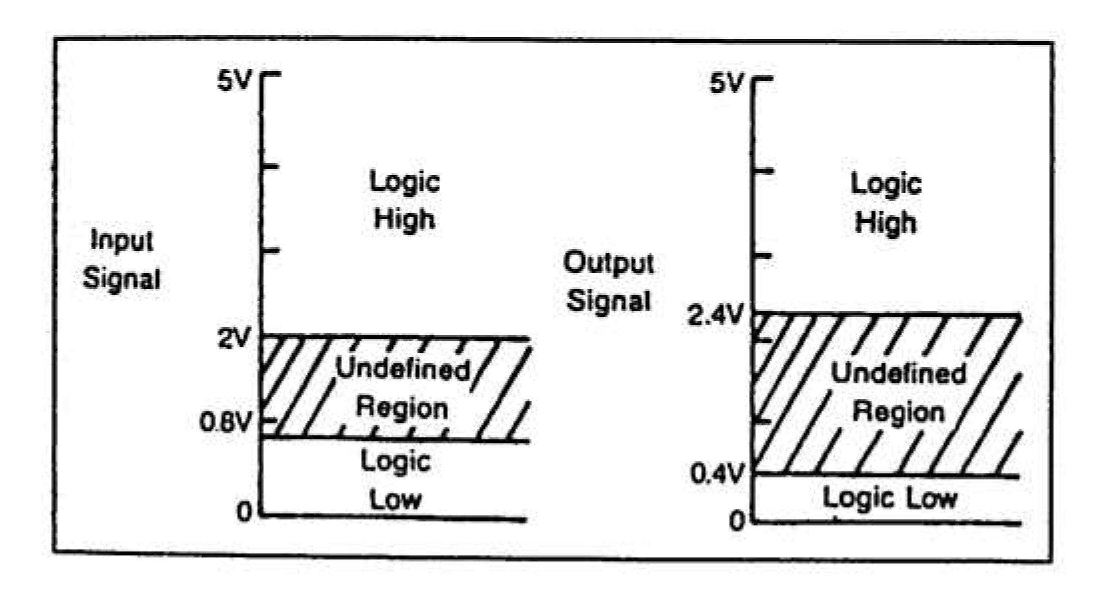
هناك دارات متكاملة مستعارة من كل حقل من حقول الإلكترونيات لأجل تحقيق نظام استقبال فضائي. فمن عالم الحواسب تأتي دارات ECL, TTL وCMOS، وبعض الدارات الخطية الخاصة التي تحتوي على كاشف تعديل كامل وموزع تعددي muliplexer يعمل ككاشف ترميز وقد تم تطويرها لتلائم تقنية التعديل الترددي في الصوتيات. كذلك فإن لأجهزة التلفاز والفيديو بعض دارات التوليف الخطية والرقمية إضافة لدارات التكبير. ومن ألعاب الفيديو تأتي دارة تعديل RF وذارة ادخال رقم القنال. أما الدارات المتكاملة لخفض الضجيج فقد جرى تطويرها أولاً من أجل تقنية التسجيلات الصوتية وذلك باستخدام أنظمة: Dolby و DNR (Dynamic Noise Reduction).

كل عائلة لها مساهمتها في نظام المستقبل ويجب فهمها جيداً لإجراء الصيانة بالشكل الصحيح. ولكنه من المستحيل دراسة كل عائلة بصورة تفصيلية ضمن إطار هذا الكتاب وسوف نكتفي بإعطاء لمحة موجزة عن كل منها.

عائلة TTL (Transistor Transistor Logic)

إنها عائلة رقمية تعتمد +5 فولت مستمر كتغذية (انظر الأشكال 12-26 و 13-26). إن الإشارات المرتبطة بعائلة TTL هي مربعة أو على شكل نبضات مع تغير في الحالة عند نحو 2.3 فولت، حيث يدل الجهد الأعلى من ذلك على الحالة "1" منطقي والجهد الأقل يعتبر "0" منطقي. وتستجر دارات TTL تياراً لا بأس به، لذلك فقد وجدت عائلة LS أو Low-power schottky والتي تستجر تياراً أقل بكثير. وهناك أيضاً عائلة S أو Schottky وهي أسرع من عائلة TTL التقليدية.

تعرف عائلة TTL بالسلسلة 7400، كذلك فإن سلسلة 74LS00 تطلق على الدارات المنطقية ذات الاستطاعة الأدنى، وسلسلة 74S00 لعائلة شوتكي. إنه من غير الممكن أن يحل عنصر من عائلة محل عنصر له نفس التصنيف ولكن من عائلة أخرى. فعنصر من عائلة 74S00 يجب استبداله بعنصر من نفس العائلة، وهذا ينطبق على دارة من عائلة 7400 أو 74LS00.



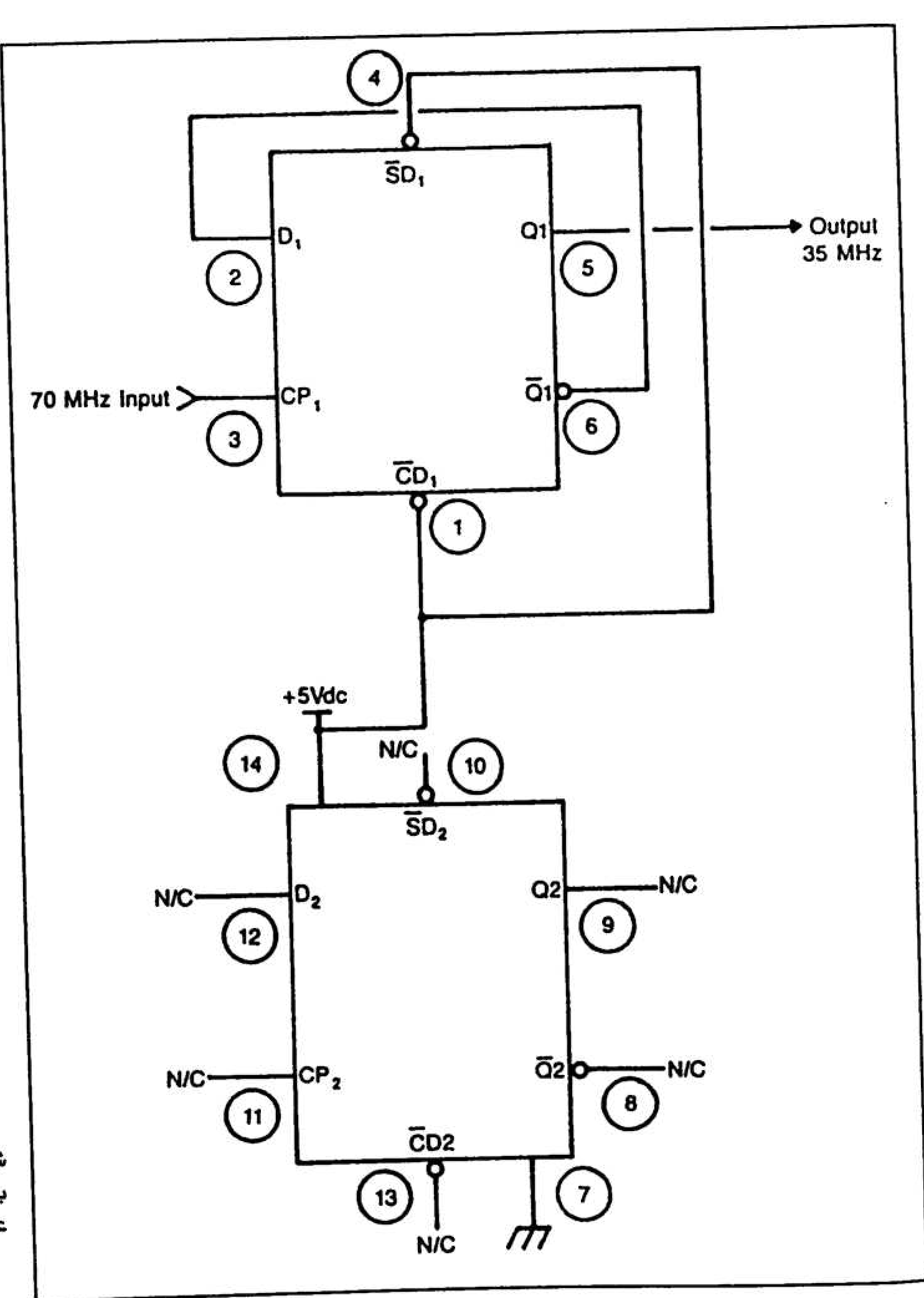
شكل 12-26. مستويات الدخل والخرج المنطقية لدارات TTL.

إن الإشارة في منطقة عدم التعيين يمكن أن تفسر على أنها حالة منطقية غير معرفة وذلك حسب إشارة الساعة أو نوع الدارة. كذلك دارات CMOS، فهي تعاني من وجود مناطق عدم تعيين بين الحالة المنطقية "1" والحالة المنطقية "0" ولكن يعتمد ذلك على جهد التشغيل.

عائلة CMOS

(Complementary Metaloxide semiconductor)

إن تقنية CMOS وتلفظ "see moss" قد حلت بدلاً عن TTL في الحواسيب الحديثة ومستقبلات التوابع الصنعية وذلك بسبب سحبها الضعيف للتيار. هذه العناصر يمكن تغذيتها بأي جهد يتراوح بين 3+ و15+ فولت مستمر، غير أن سرعة المعالجة تقل كثيراً مع انخفاض جهد التغذية، ولهذا فإن أغلب التصاميم تعتمد جهد تشغيل لدارات CMOS عند 12+ إلى 15+ فولت. ولقد أصبحت CMOS هي الأكثر شيوعاً واستخداماً من بين جميع الدارات المنطقية نظراً لاستهلاكها الضعيف للتيار وهي تأخذ التصنيف 14500 ,4000, 4500 ,74C00. إن دارات CMOS تتفاوت من ابسط دارة رقمية أو مفتاح تشابهي مثل 4066؛ وحتى معالج مثل Z80 (وهو مصنوع فعلياً بتقنية NMOS). هناك دارات CMOS مماثلة لجميع دارات TTL.



شكل 26-13 قلاب TTL Flip-Flop يقوم بقسمة الإشارة 70 ميغا هرتز والحصول على 35 ميغا هرتز.

عائلة ECL (Emitter Coupled Logic)

هذه الدارات من أقدم الدارات المنطقية ومعروفة بسرعتها العالية وهذه العناصر مستخدمة على نطاق واسع كمحددات ومقسمات استطاعة وكذلك كمكبرات في كثير من مستقبلات التوابع الصنعية وذلك نظراً لسرعتها وسلوكها شبه التشابهي pseudo-analogue. إنها تستخدم تغذية 5 فولت مستمر. ودارات ECL مصنعة تحت الرقم 10000 أو سلسلة MC1600.

الدارات MC10114، 10115 و10116 هي دارات متكاملة مصممة لنقل المعطيات bus في أنظمة الكمبيوتر وهي مستخدمة كمكبرات 70 ميغاهرتز وكمحددات في كثير من مستقبلات التوابع الصنعية.

عائلة الدارات الخطية Linear

تستخدم هذه الدارات في جميع أنواع المستقبلات لتكبير إشارة التردد المتوسط IF وكشف إشارة الفيديو، كذلك لتكبير إشارات الفيديو والصوت وككاشف ترميز؛ كمولد قابل للتوليف بالجهد VCO، كمقارن إظهار وأيضاً كمنظم جهد.

لا يوجد نظام تصنيف موحد مطبق على الدارات الخطية، فبعضها يبدأ برموز خاصة بكل شركة مصنعة. كذلك XR200، XR400 هي من EXAR، CA3000 من RCA، LMxxx من National، μAxxx من Fairchild، RCxxx من Raytheon، MCxxx، MC1xxx من Motorola، Nexxx من Signetics، TLxxx من Texas instruments وسلسلة μPC وμPD من Toshiba. وفي أغلب الحالات فإن الدارات ذات الأرقام المتشابهة والمختلفة بالرموز الأولية prefixes قابلة لأن تعمل كبدائل وهكذا فإن μA747 يكافئ LM747، RC747 أو MC1747.

لدى شراء دارات متكاملة خطية، يجب الانتباه إلى أن أغلب هذه العناصر متوفر بأشكال مختلفة من حيث التعليب، وهو غالباً ما يعرف برموز خاصة ملحقة برقم التصنيف suffix، فوجود "K" ترمز لتعليب من نوع TO-3. وأيضاً "T" يعني أن التعليب له شكل TO-220، و"AC" له علبة TO-92، "H" تعني TO-5 وN ترمز لتعليب نظامي DIP.

بعض الدارات المتكاملة لها رمزين في النهاية، فمثلاً العنصر LM733CN، C تعني بان العنصر يعمل في المجال الحراري من 0 وحتى 70° مئوية بدلاً 55- وحتى 125+ مئوية التي تطبق في حال غياب الرمزين من النهاية. وN تدل على أن العنصر هو دارة بعلبة بلاستيكية DIP.

إن معظم الدارات الخطية المستعملة، والتي يجب تخزينها هي المكبر الفيديوي LM333 (أو NE592 المكافئ تماماً)، كذلك الدارة LM4558 (أو الدارة المكافئة 1458)، وهناك أيضاً المكبر العمليـاتي الثنائي LM747، والمنظم القابل للتعيير LM723 ومنظمات الجهد الموجب LM7805، LM7812، LM7815 وLM7818، ومنظمات الجهد السالب LM7912 و LM7915 والمؤقت الزمني NE555 وأيضاً كاشف التعديل المتوازن LM1496، مكبر التردد الوسطي MWA120 والمعدل LM1889 لإشارة RF، المكبر العملياتي 741، وأيضاً دارة كشف التعديل ذات القفل الطوري NE564.

يحتوي الملحق ٨ على رسومات لتوضيح الأرجل للدارات المتكاملة ذات الاستخدام الواسع، وفي بعض الحالات فإن المخطط الصندوقي لمكونات الدارة مبين أيضاً.

الحماية من الشحنات الساكنة

بعض دارات MOSFETs وCMOS ليست محمية البوابة. وذلك يعني بأنها قابلة للعطب بواسطة الشحنات الساكنة، وينبغي التعامل معها بحذر (انظر الجدول 26-1). إذ يجب تخزين جميع عناصر MOSFET وCMOS في كيس مقاوم للشحنات الساكنة (معروف بلونه الوردي) أو يجب قصر الأرجل بعضها مع بعض. وهذا يمكن تحقيقه بغمرها في مادة ناقلة مقاومة للشحنات الساكنة أو وصل الأرجل بسلك من الألمنيوم أو لقطها معاً حتى تجميعها في الدارة. قبل استخدام العنصر الحساس للشحنات الساكنة، ينبغي تفريغ هذه الشحنات بواسطة سلك موصول إلى الأرض ويجب أيضاً الانتباه إلى ضرورة استخدام كاوي مؤرض جيداً لتجنب إلحاق الضرر بالدارات الحساسة.

طريقة الاستخدام	استعمال مادة ناقلة	تأريض إلى نقطة مشتركة
التعامل مع التجهيزات	X	
أدوات ومثبتات معدنية		X
التعامل مع صوان trays	X	X
كاوي لحام		X
غطاء طاولة معدني	X	X
استخدام عناصر متنوعة		X*

* يستخدم سلك مؤرض موصول تسلسلياً إلى الأرض عبر مقاومة 470 كيلو اوم.

ملاحظة: في الأماكن الجافة، حيث الرطوبة أقل من 30%، تتراكم الشحنات الساكنة بصورة أكبر. ويجب أخذ الاحتياطات والحذر بأهمية قصوى. وعلى الرغم من أن معظم عناصر MOSFET وCMOS هي محمية البوابة، غير أنها يمكن أن تعطب ما لم تستعمل بحذر، وباتباع الإرشادات السابقة يمكن تجنب حدوث ذلك.

جدول 26-1 طريقة استخدام العناصر CMOS وMOSFET.

العناصر الهجينية

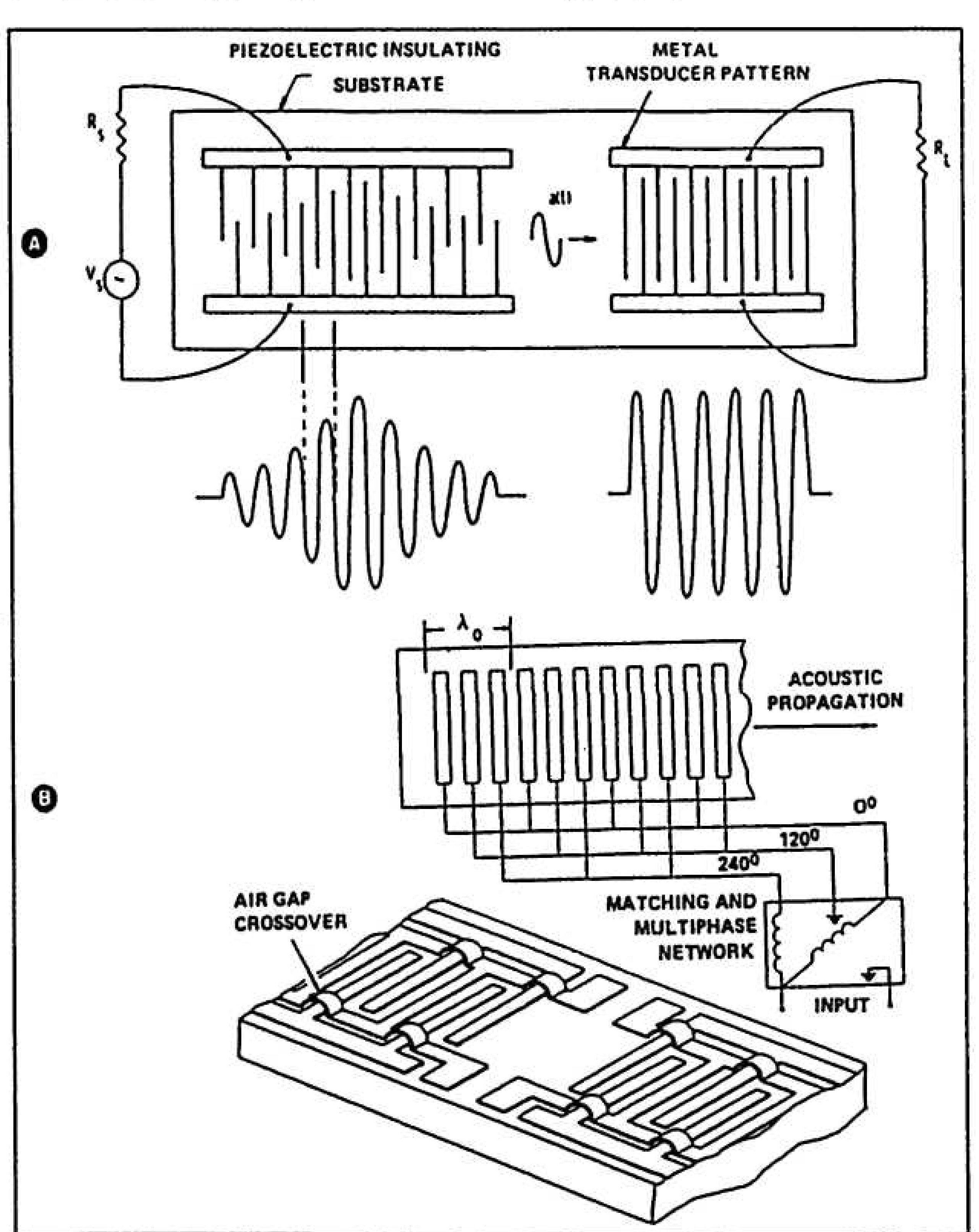
تتكون الدارات الهجينية من عناصر منفردة مثل الترانزستورات والدارات المتكاملة والمكثفات التي تجمع ضمن ضمن علبة وحيدة، وهذه تستخدم لتضخيم الترددات المتوسطة (MC5801 مثلاً) وكمرشحات IF أيضاً. وتختبر الدارات الهجينية مثل بقية الدارات المتكاملة من حيث التعامل معها كعلب سوداء. وكل ما يمكن فعله هو فحص جهد التغذية وجهد الاستقطاب والتأكد من أن إشارة الدخل سليمة. وإذا كان كل شيء صحيحاً ولا يوجد خرج، فيجب استبدال الدارة الهجينية.

مرشحات SAW

إن المصدرين الرئيسيين لعناصر SAW المستخدمة في المستقبلات هما CTI و Crystal Technology وكلاهما يقوم بتصنيع العديد من المرشحات SAW والطنانات المستخدمة كمرشحات لتردد المتوسط وخطوط تأخير، ومذبذبات في كواشف التعديل RF وأيضاً في خافضات التردد. إن مرشحات SAW متوفرة لحزم ترددية متعددة.

يتألف مرشح SAW من كوارتز دقيق ومن شريحة نيوبات الليثيوم Lithium niobate المقطوعة لتحسين أداء الخاصة شبه الكهربائية piezoelectric للكريستال. ويتم وضع طبقة معدنية رقيقة على سطح الكريستال. يجري بعد ذلك حفر المجسات على شكل متداخل على المعدن بطريقة الحفر الضوئي والكيميائي. ويتم بعد ذلك وصل المجسات إلى أرجل الدخل والخرج مباشرة أو عبر شبكة ملائمة أو ضبط طور (انظر الشكل 26-14).

تعمل مرشحات SAW على تحويل الإشارة الكهربائية عند الدخل إلى موجة صوتية تنتشر على سطح الكريستال، ويقوم الشكل المتوضع على الكريستال مع الكريستال ذاته بالتأثير على الاستجابة الترددية للموجة الصوتية بحيث يؤدي عمل مرشح تمرير حزمة. وتعود الإشارة ثانية إلى شكلها الكهربائي بواسطة مجسات أخرى.

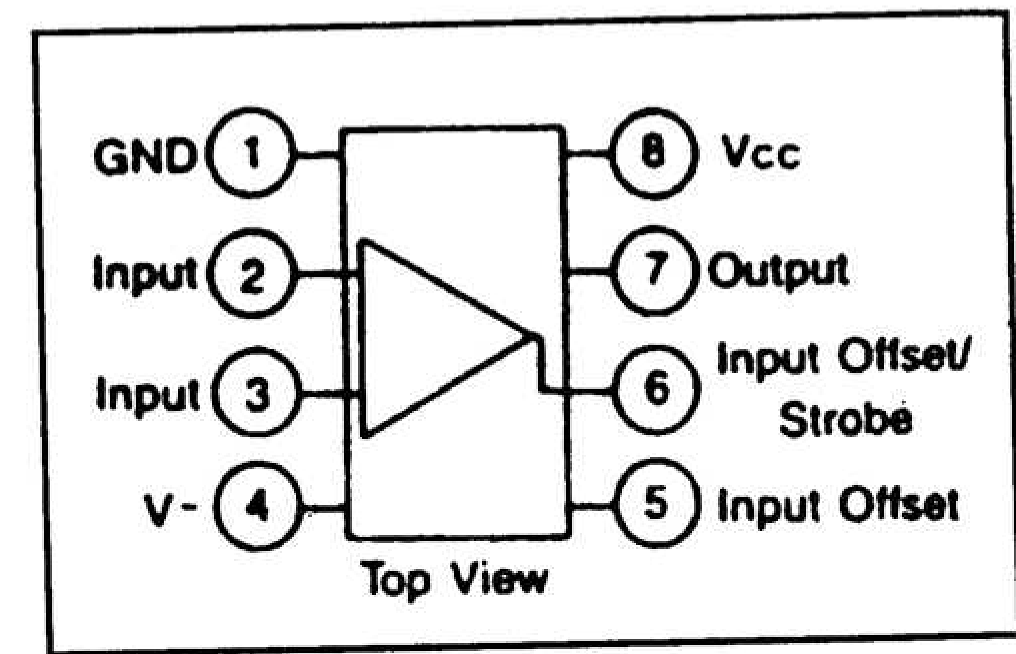


شكل 26-14. مرشح SAW. الجيل الأول من مرشحات SAW والتي كانت تعتمد روابط ثنائية الاتجاهية موضحة في (A). في الجيل الثاني تستخدم حساسات أحادية الاتجاهية (B).

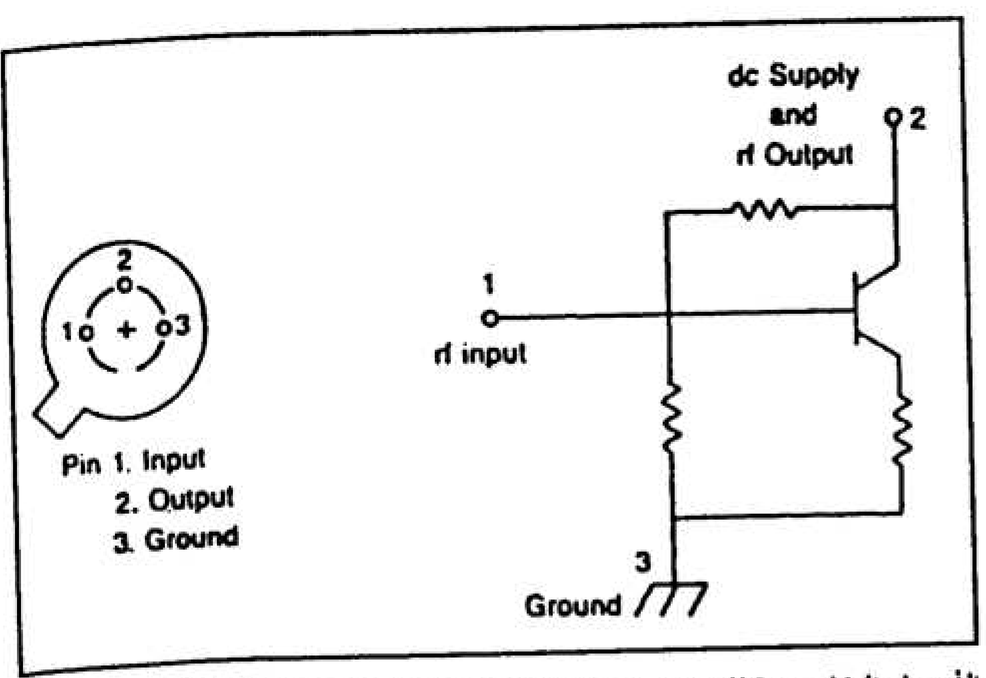


الملحق A

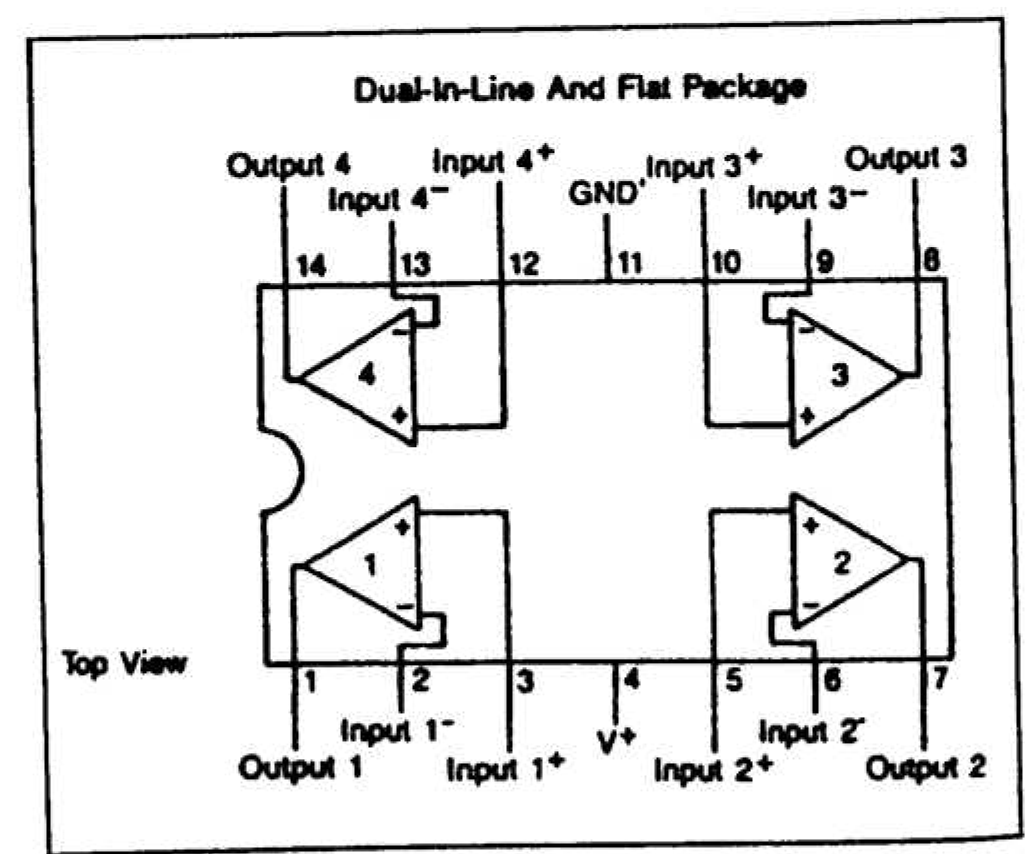
دليل العناصر الفعالة المستخدمة في دارات مستقبلات الأقمار الاصطناعية



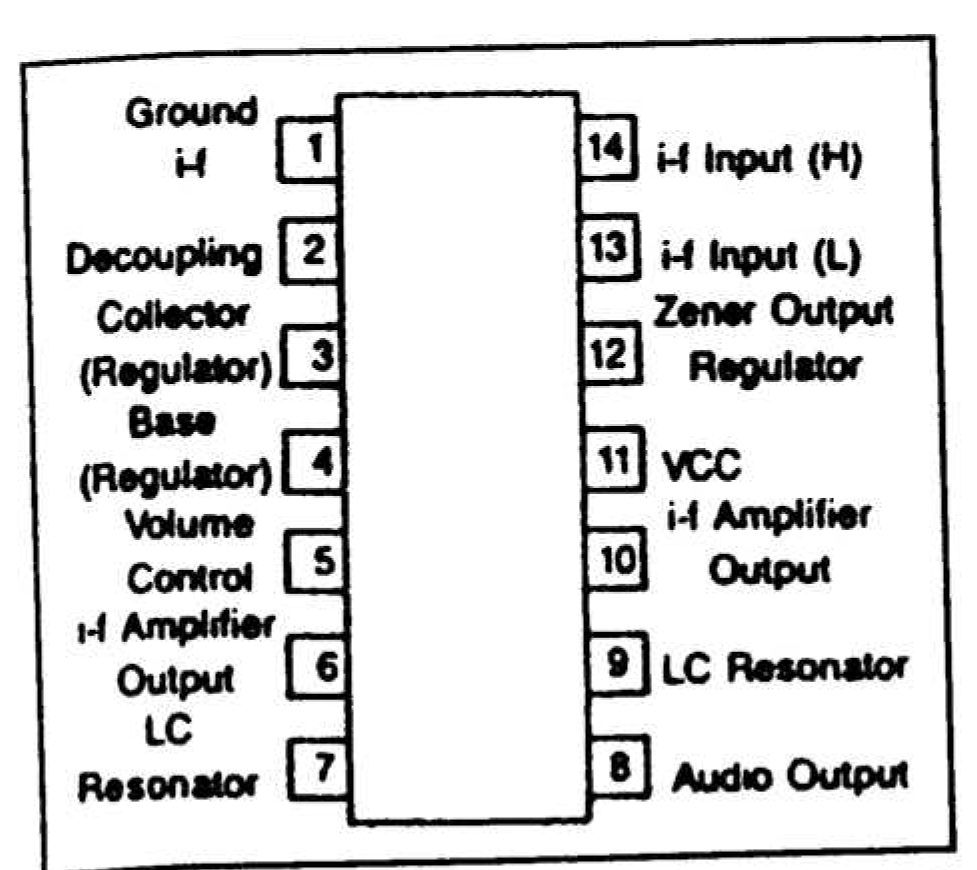
الأرجل الخارجية لمقارن جهد 311



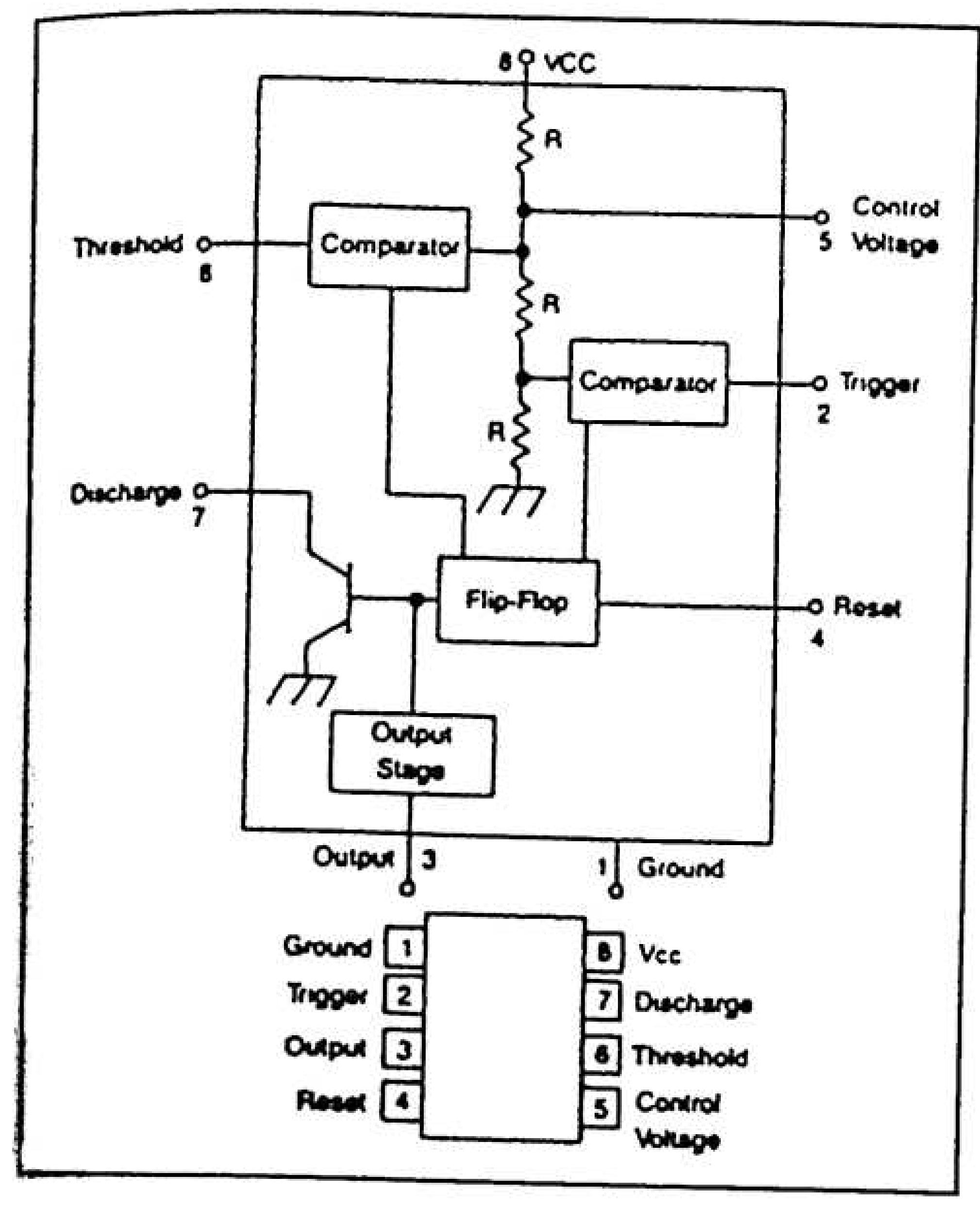
الأرجل الخارجية للترانزستورات MWA130,MWA120,MWA110 و دارة مع مقاومات استقطاب داخلية.



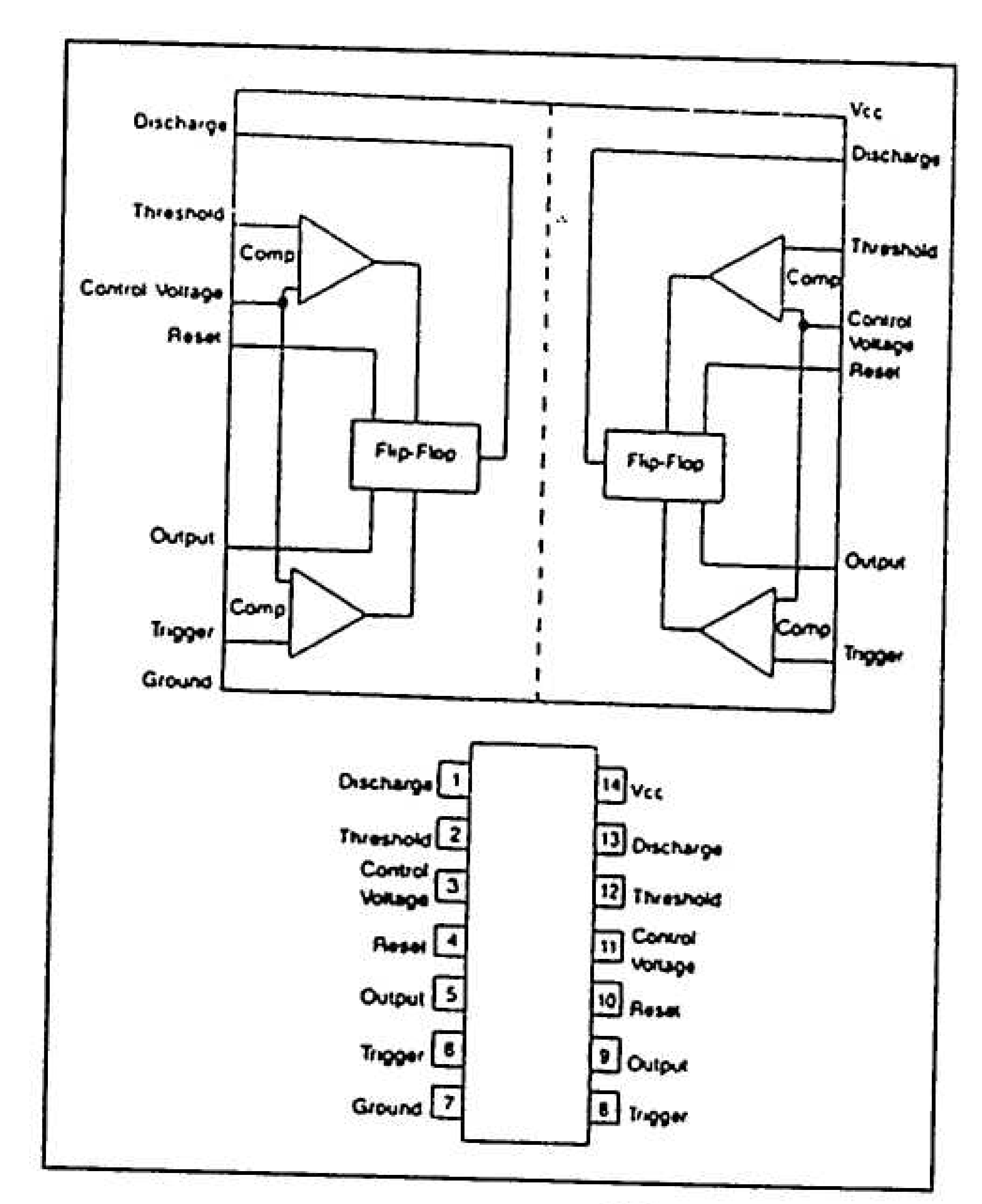
دارة تحوي أربع مضخمات عملياتيـة (324). تظهـر علـى الـدارة وظـائف الأرجل



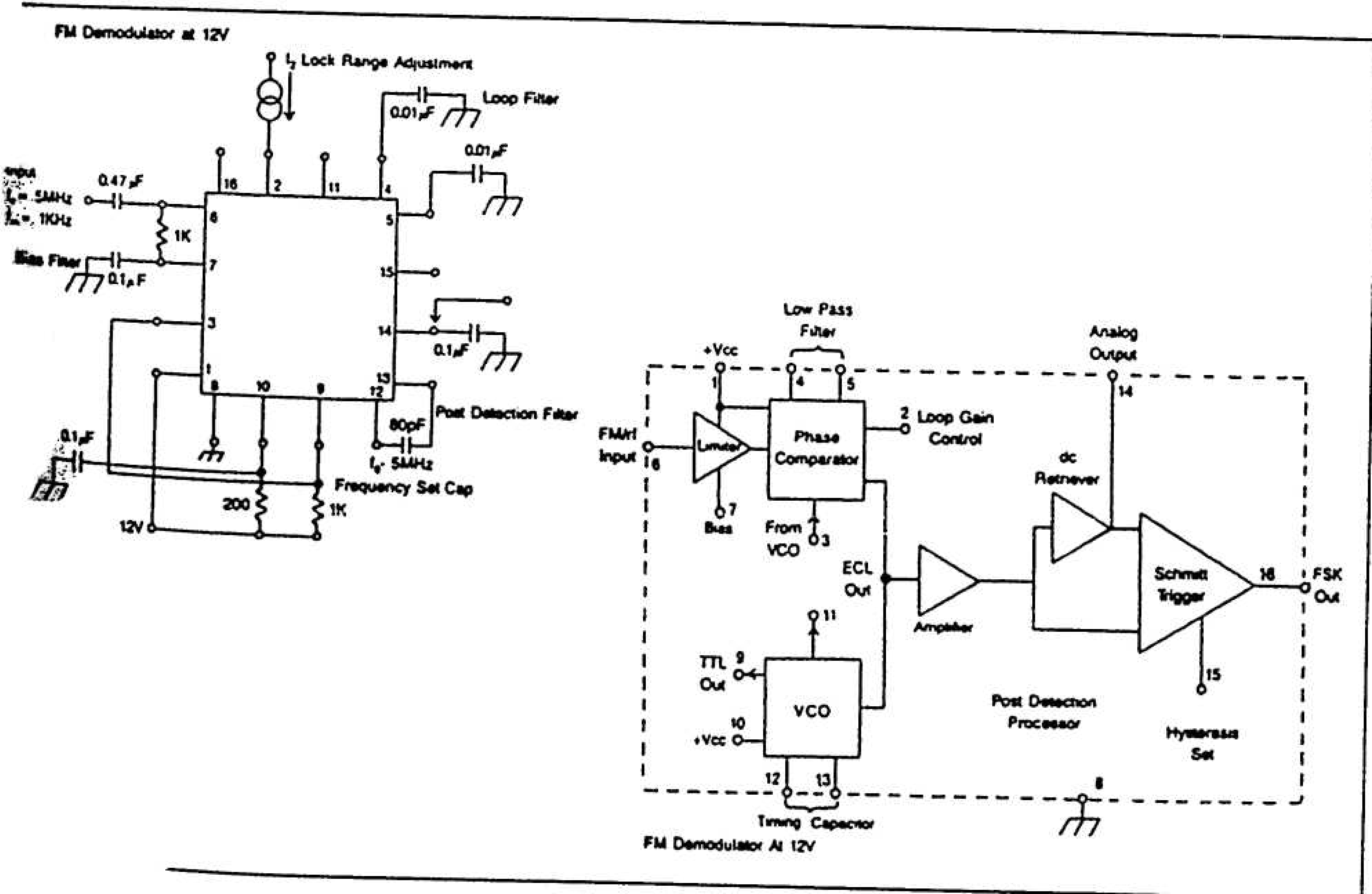
TBA120 مكبر وكاشف إشارة التردد المتوسط 10.7ميغاهرتزلتعديل FM الراديوي.



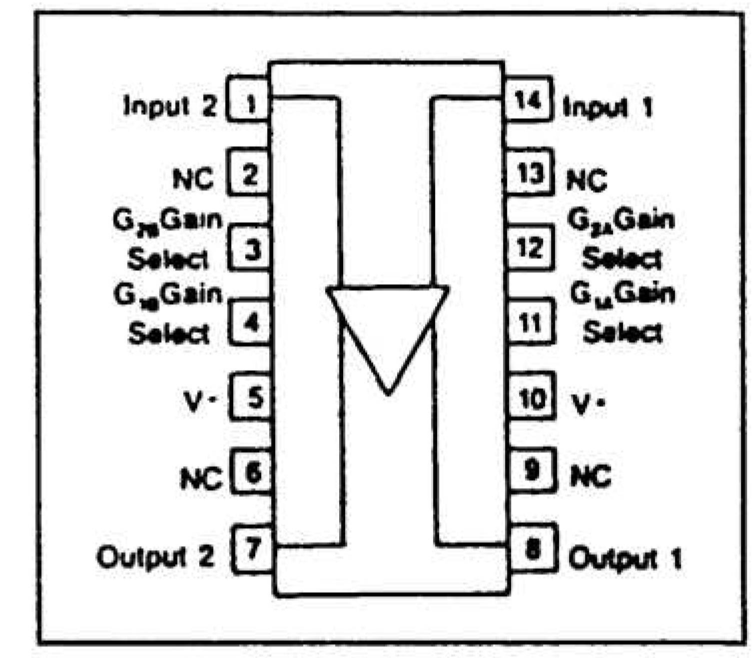
مؤقت زمني 555



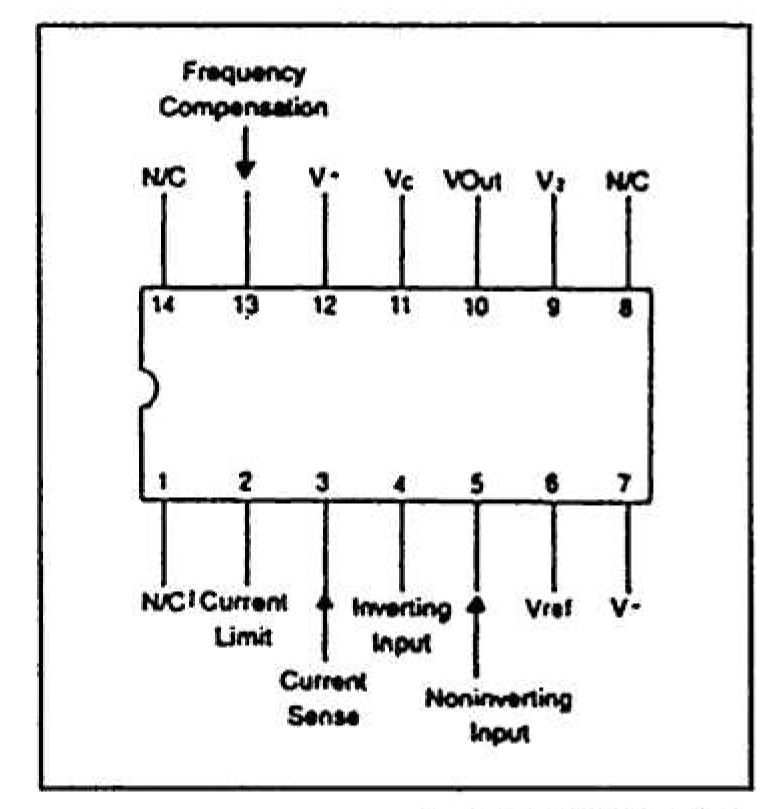
مؤقت زمني مضاعف 556



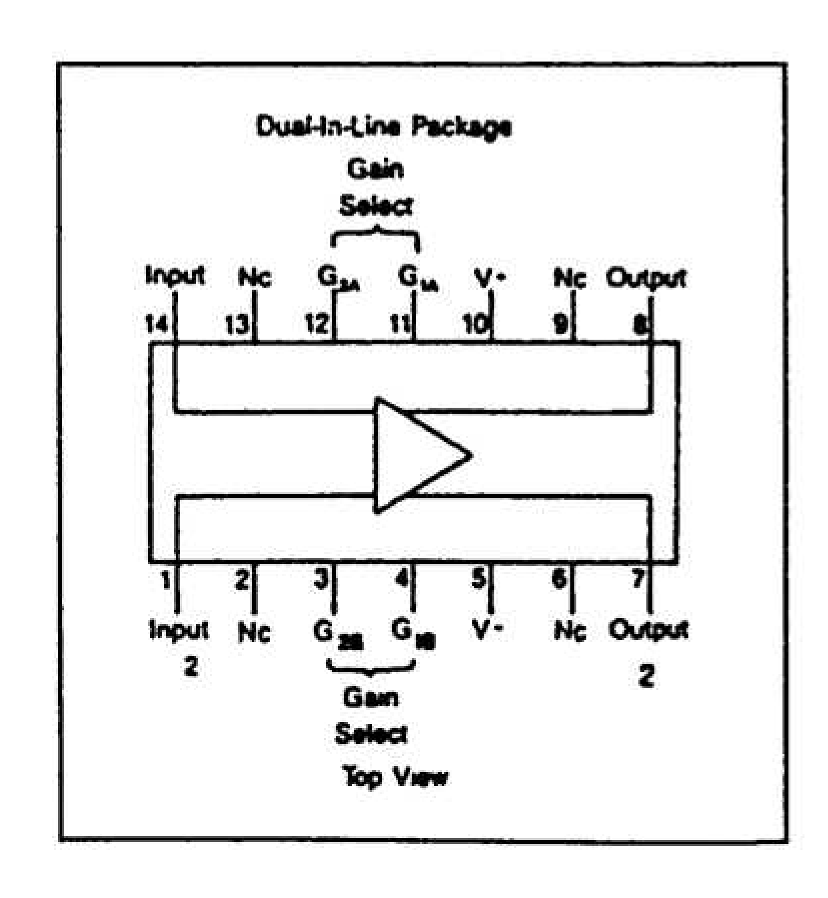
المخطط الصندوقي للدارة 564 واحد الاستخدامات الشائعة لدارة حلقة القفل الطوري PLL



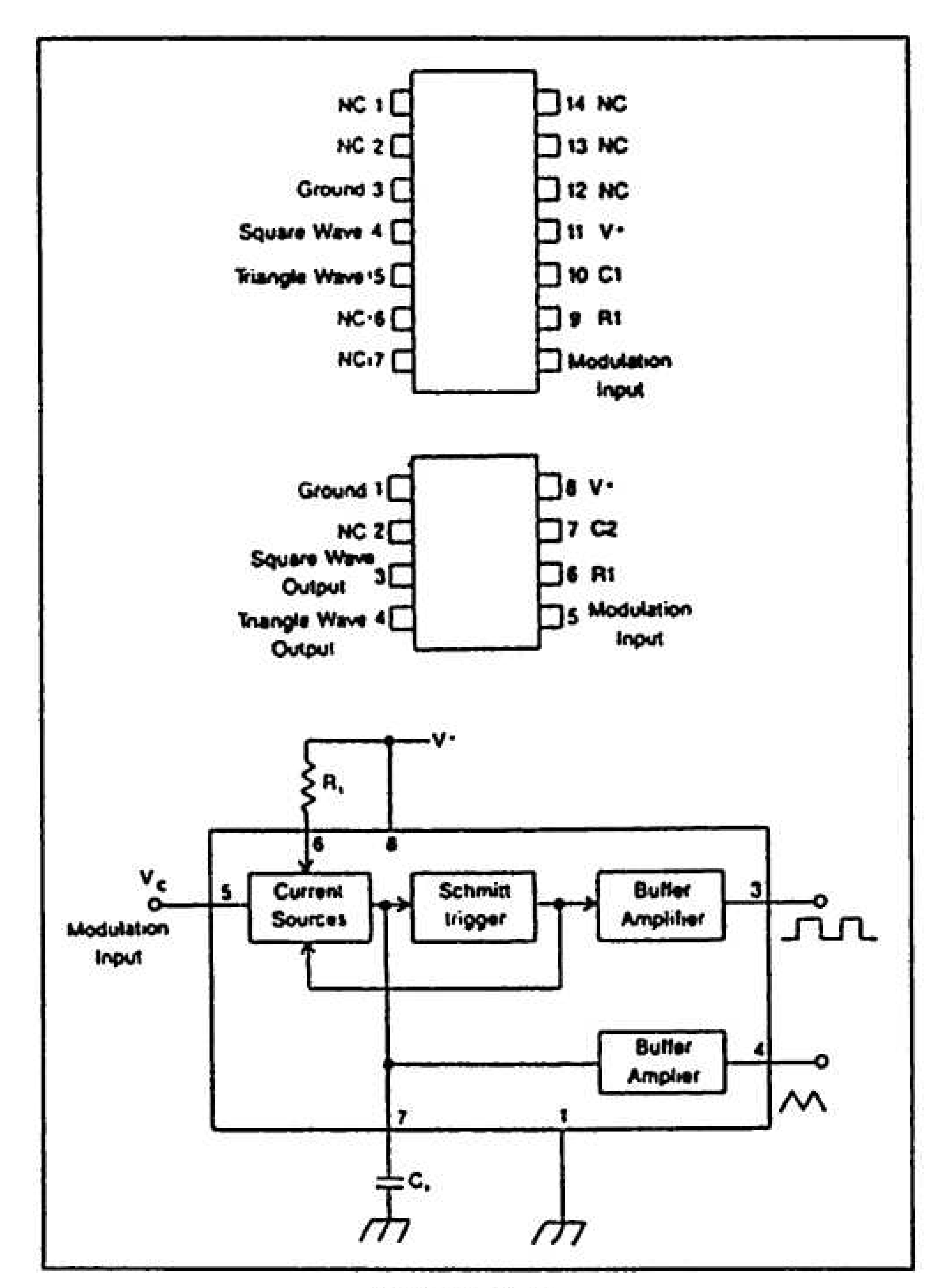
مكبر فيديوي 592 مكافئ تماماً للمكبر 733



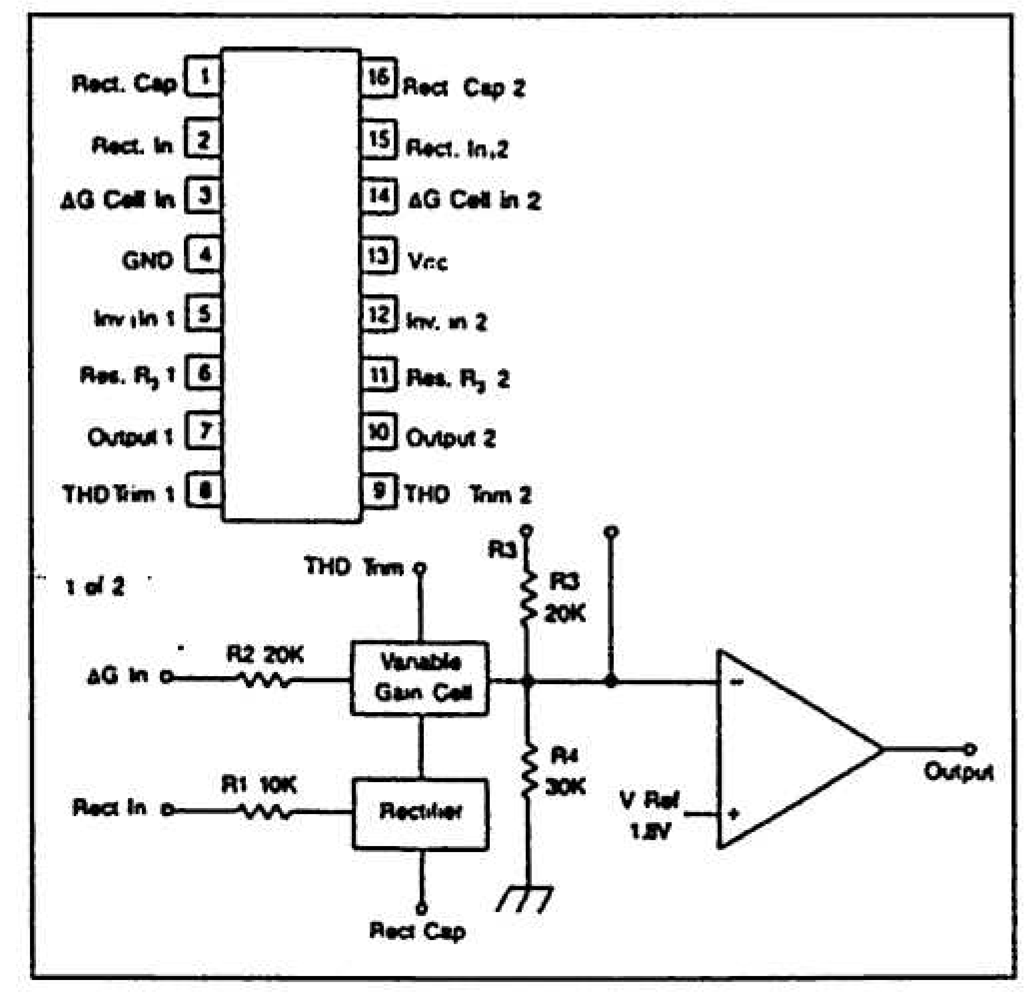
منظم 723 قابل للمعايرة



مكبر فيديوي 733ذو خرج متوازن



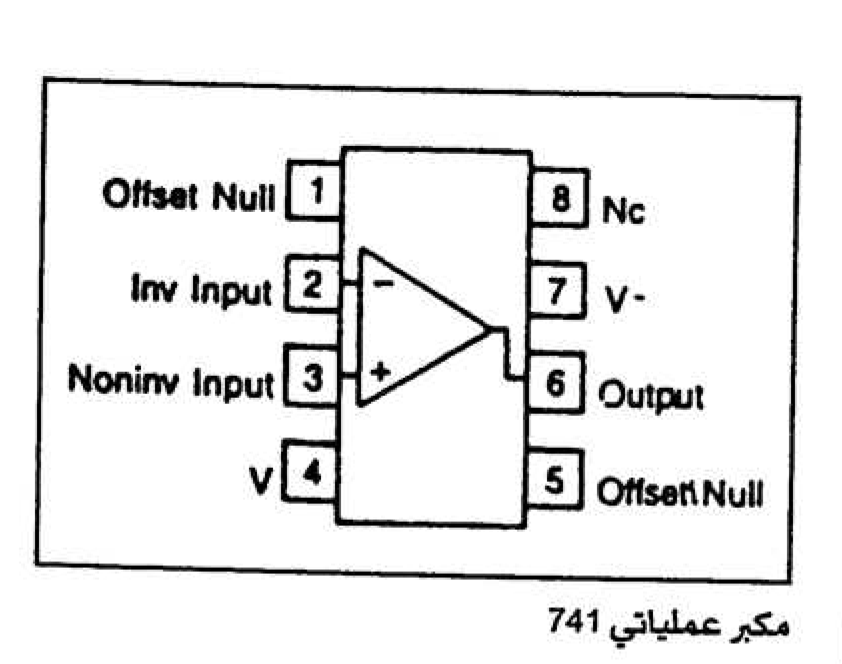
مولد إشارات 566



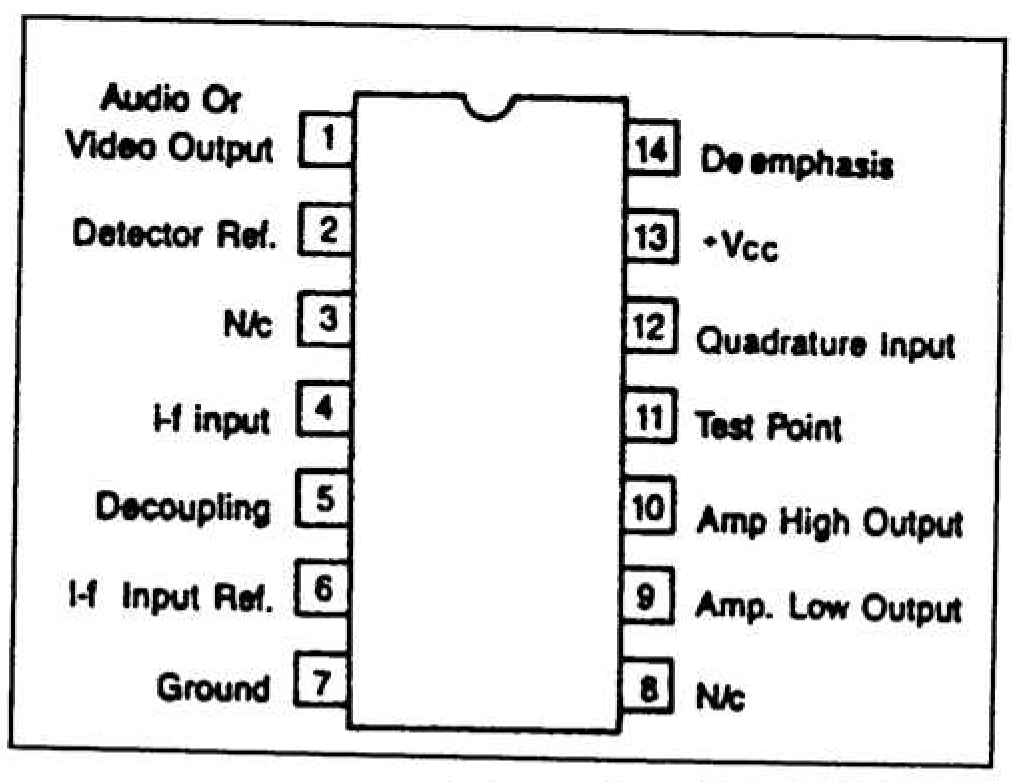
مقارن 571

VCO Control 14
Loop Filter 13
Loop Filter 12
Phase Detector Inputs 11
Pilot Monitor 10
Threshold Filter 9
Threshold Filter 8
Voltage Regulator
Loop Phase Detector
dc Amp
VCO
1/2
Trigger
Electronic Switch
Phase Detector
Trigger
1/2
Audio Amp
Decoder
1 Power Supply
2 Composite Input
3 Audio Amp Output
4 Left Output & Deem Phasis
5 Right Output & Deem Phasis
6 Lamp Driver
7 GND
Top View

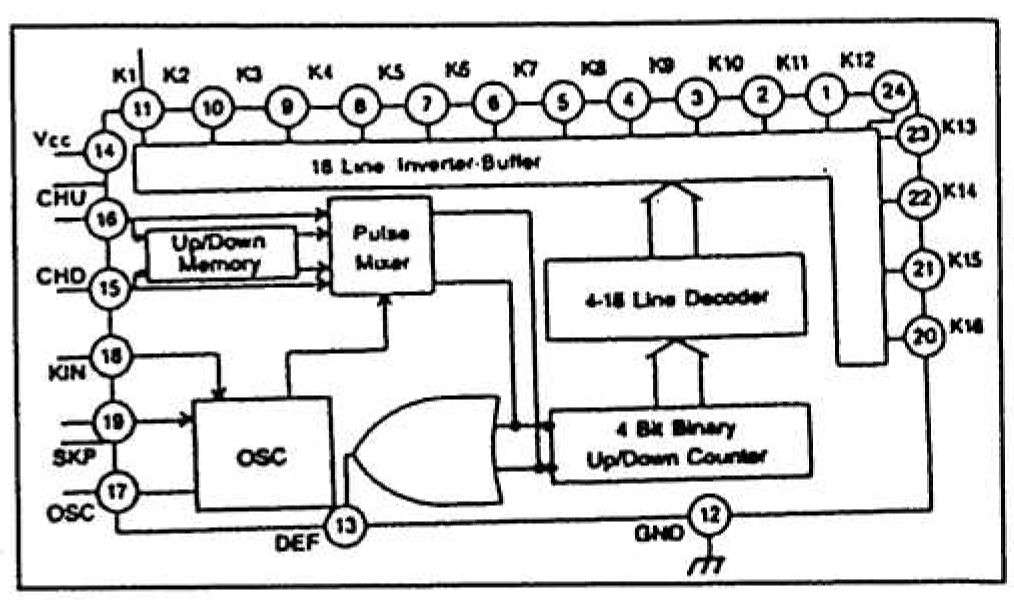
1310 كاشف ترميز متعدد FM



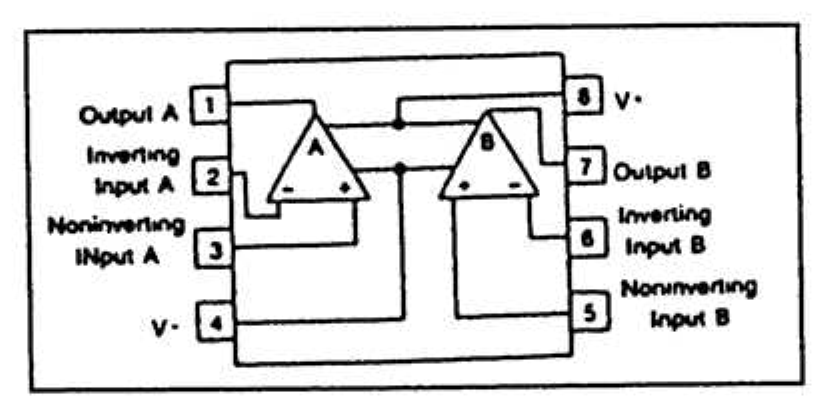
مكبر عملياتي 741



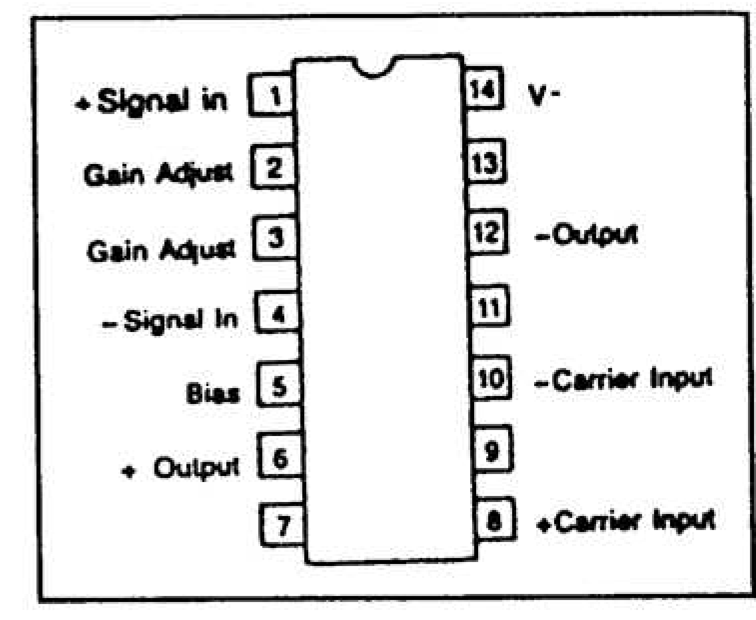
1357 كاشف الجذر المتوسط التربيعي RM



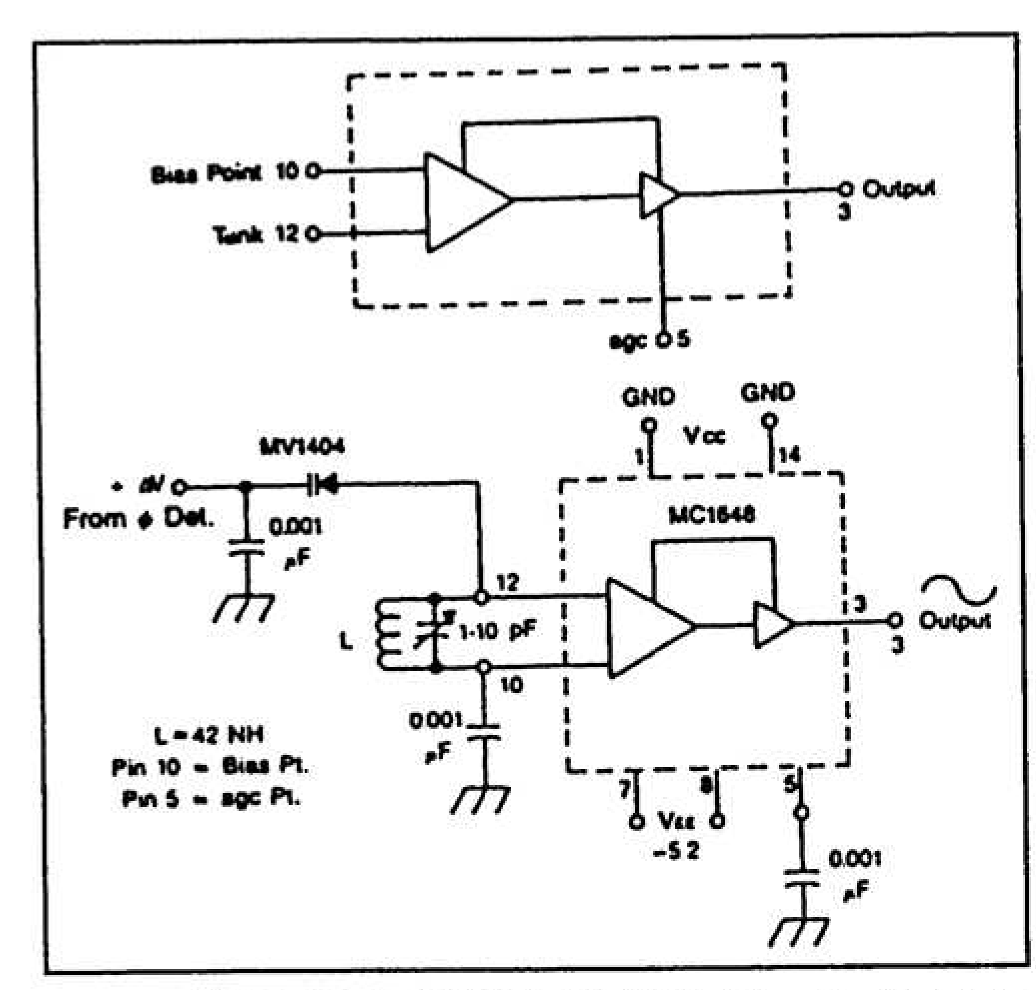
محوّل صاعد/هابط UP/Down Converter 1360



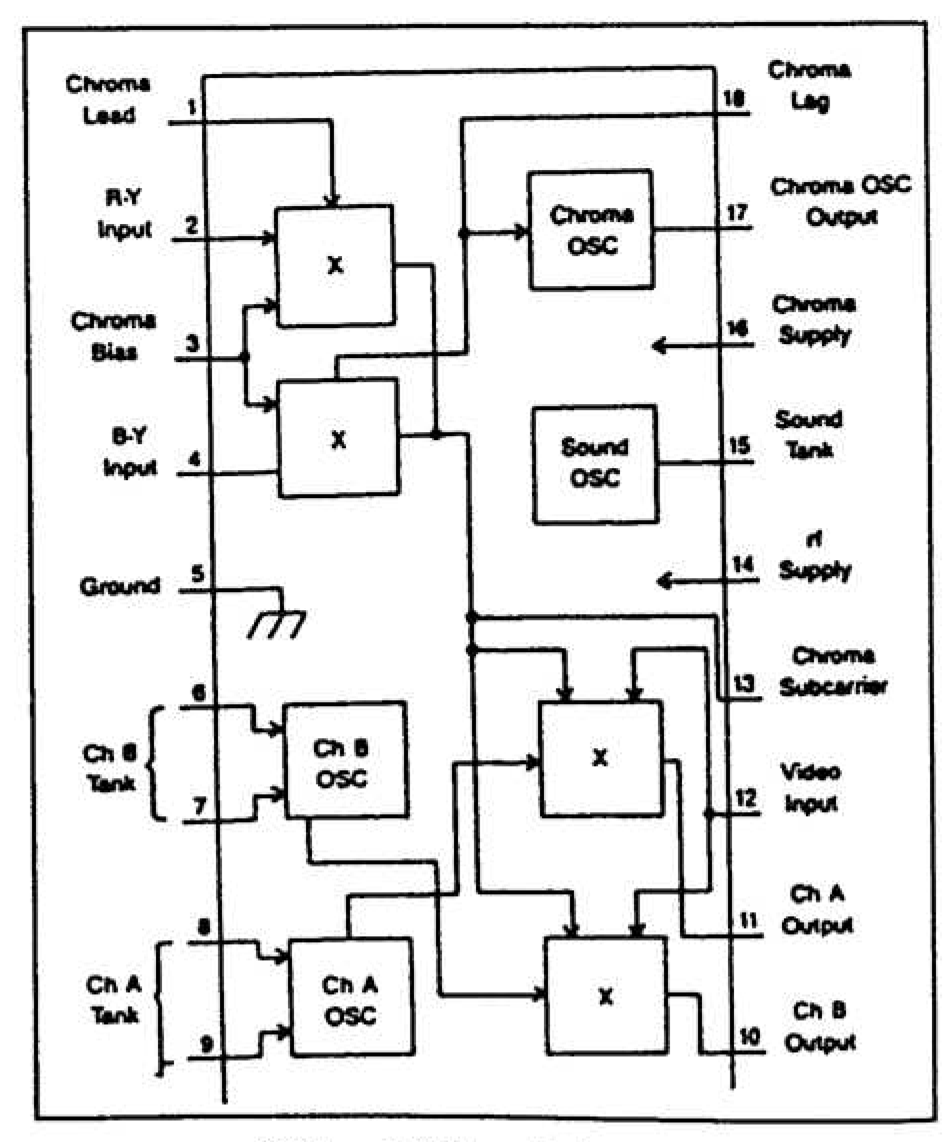
1458 (او 4558) مكبر عملياتي مضاعف



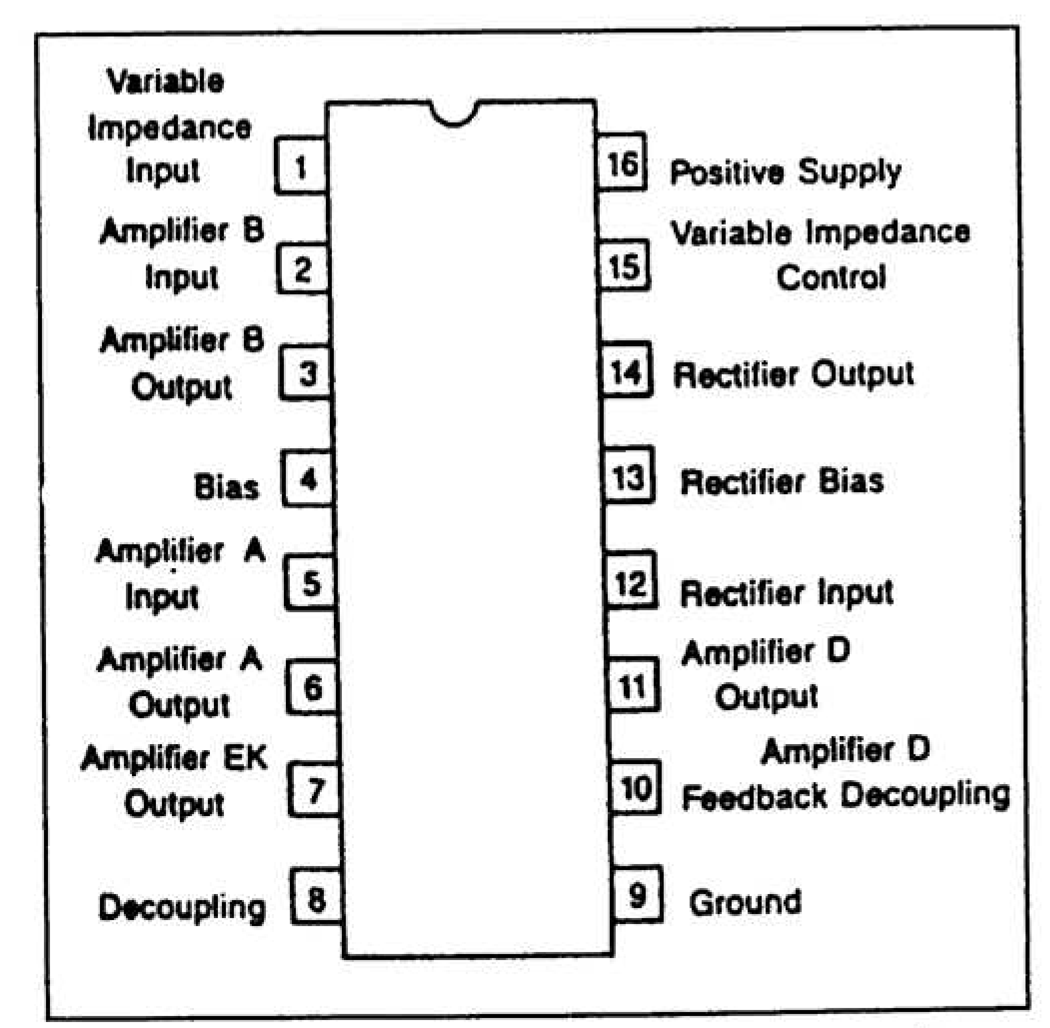
كاشف تعديل متوازن 1496



مخطط كهربائي وتطبيق شائع لدارة VCO 1648 بتقنية ECL

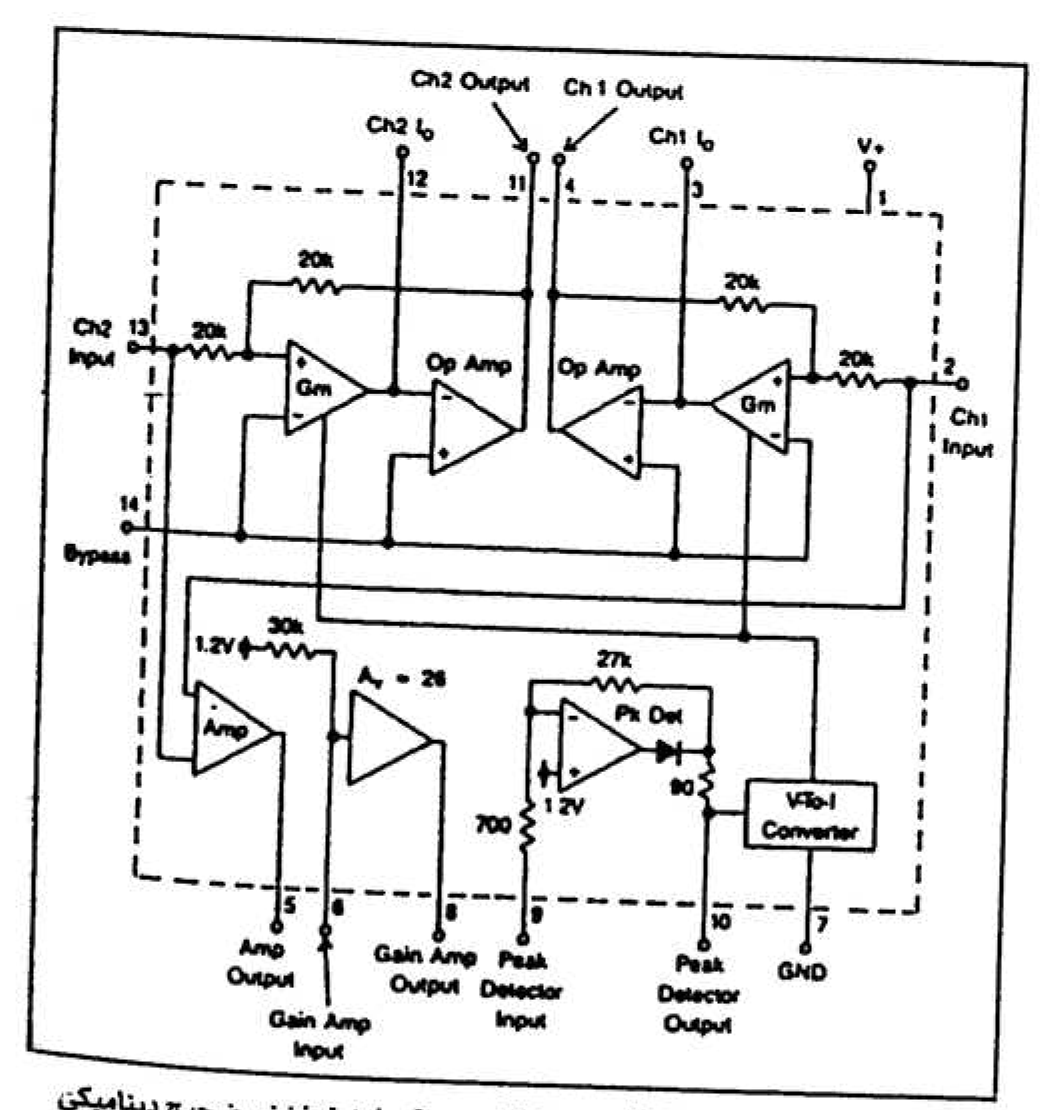


معدل فيديو للتلفزيون 1889

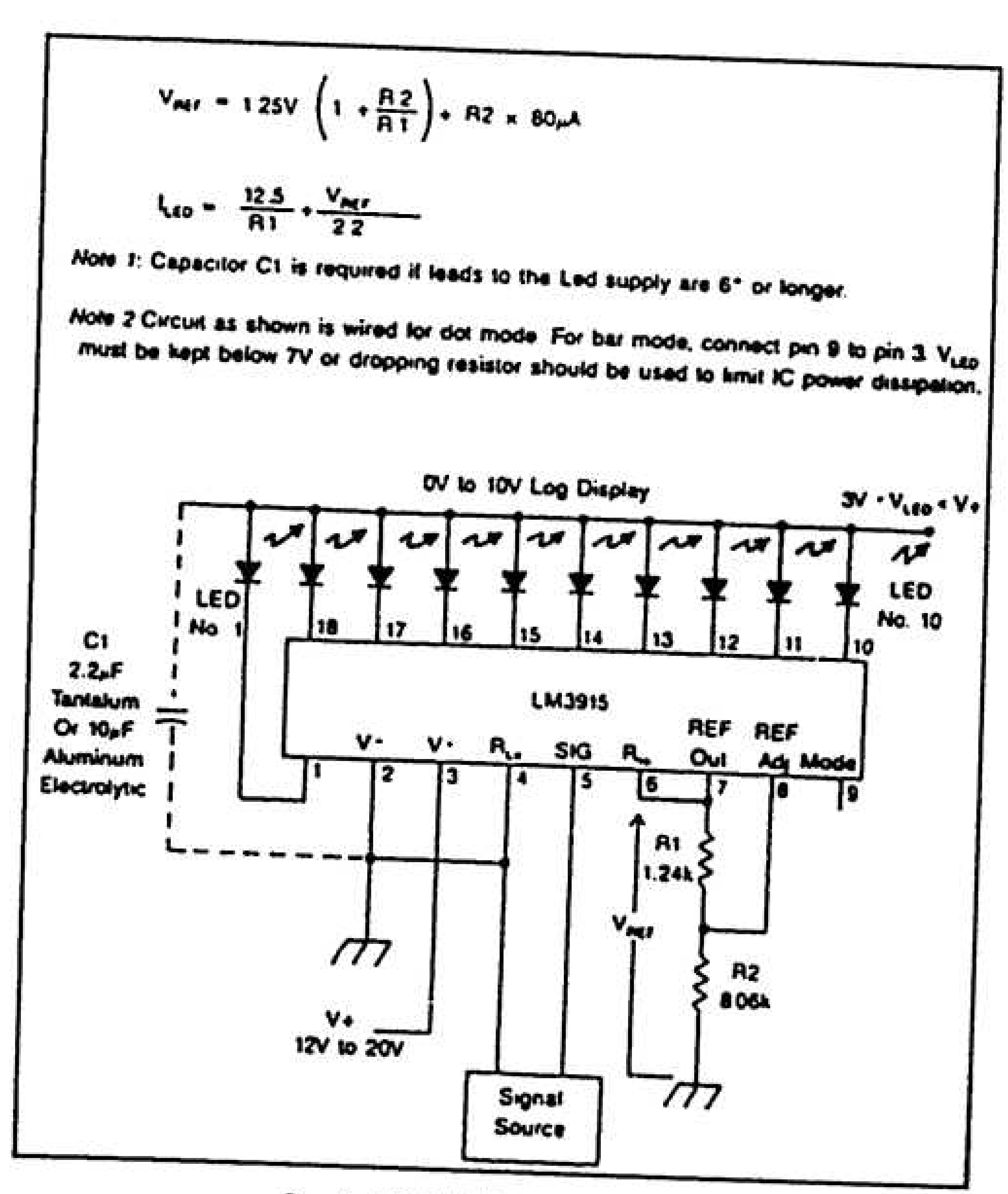


الأرجل الخارجية لدارة خفض الضجيج بطريقة Dolby 1112

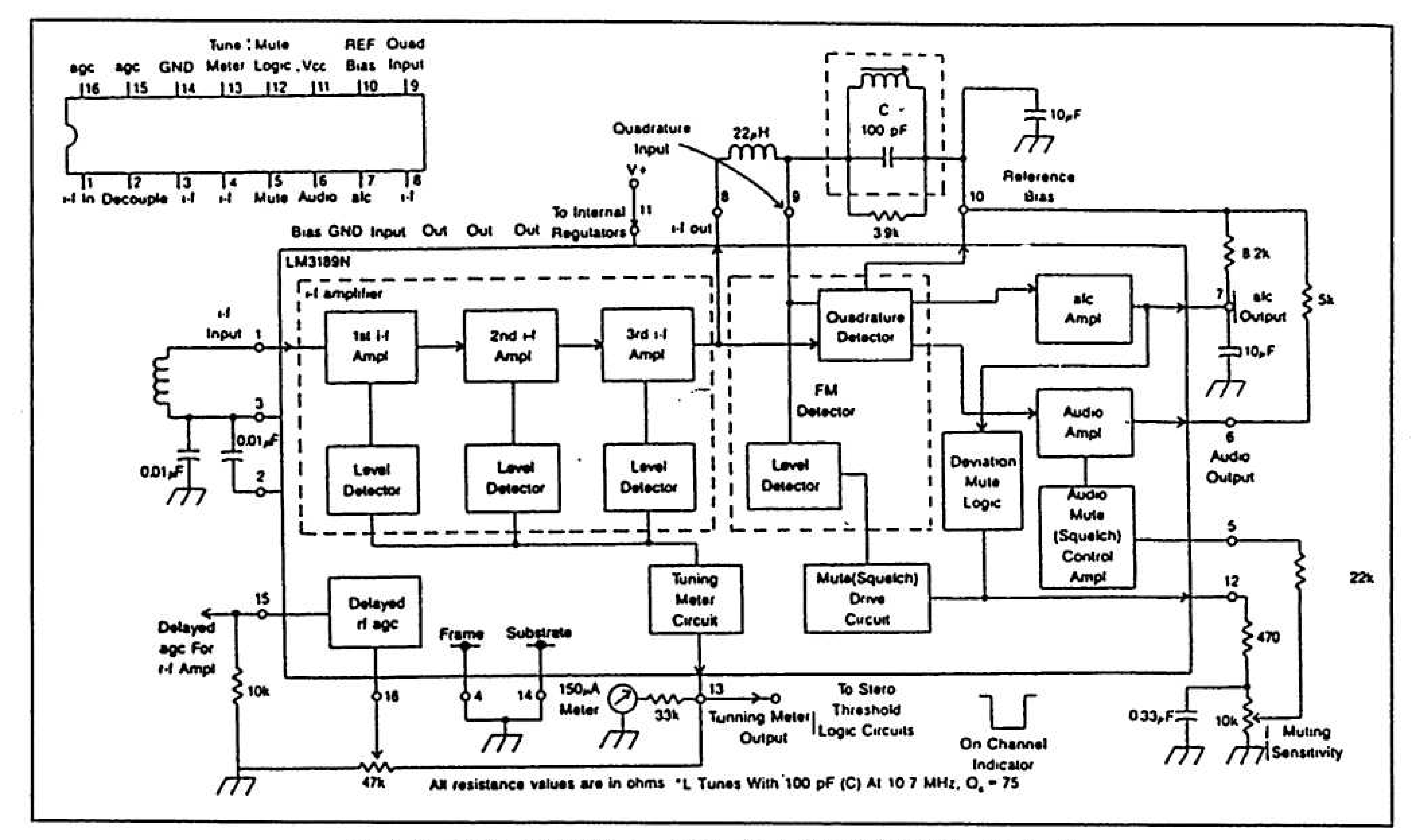
الأرجل الخارجية للدارة 3089 والمخطط الصندوقي لقسم التردد المتوسط في مستقبل FM



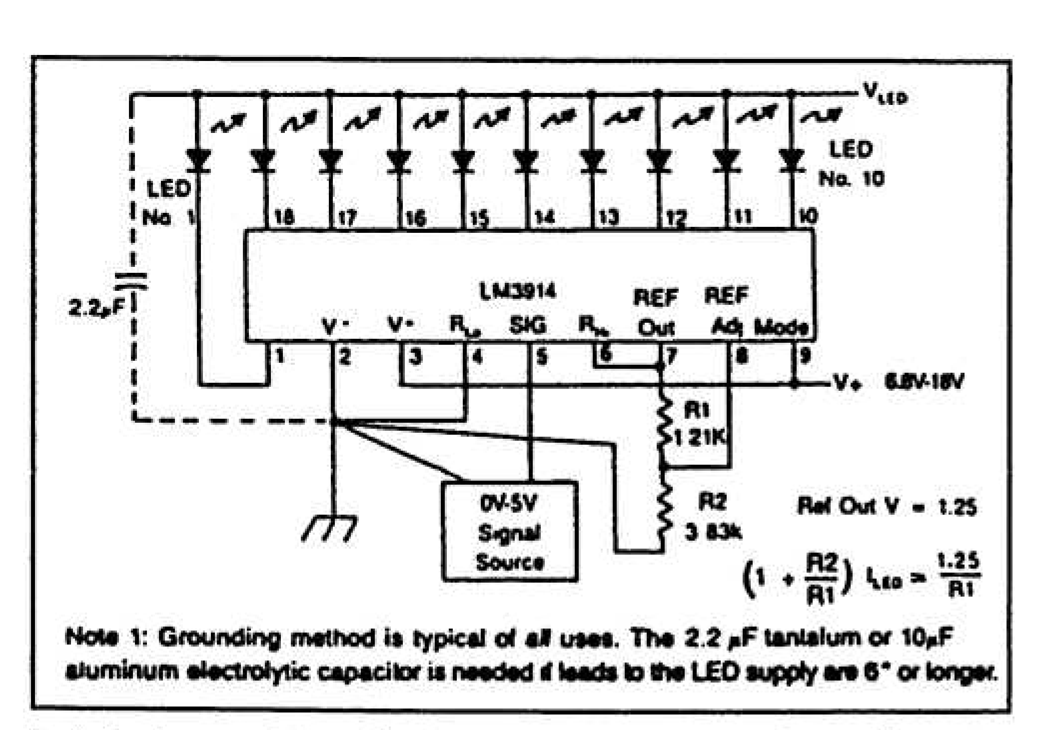
الأرجل الخارجية للدارة 1894 والمخطط الصندوقي لدارة خفض ضجيج ديناميكي



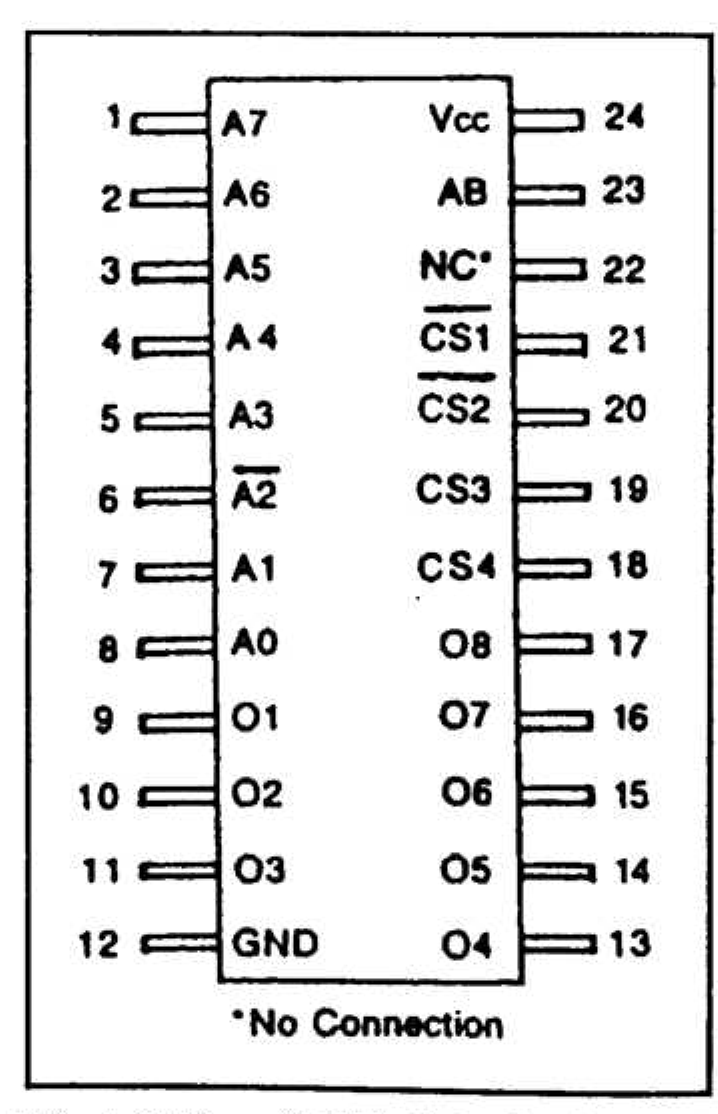
3915 ديودات إظهار لوغاريتمية



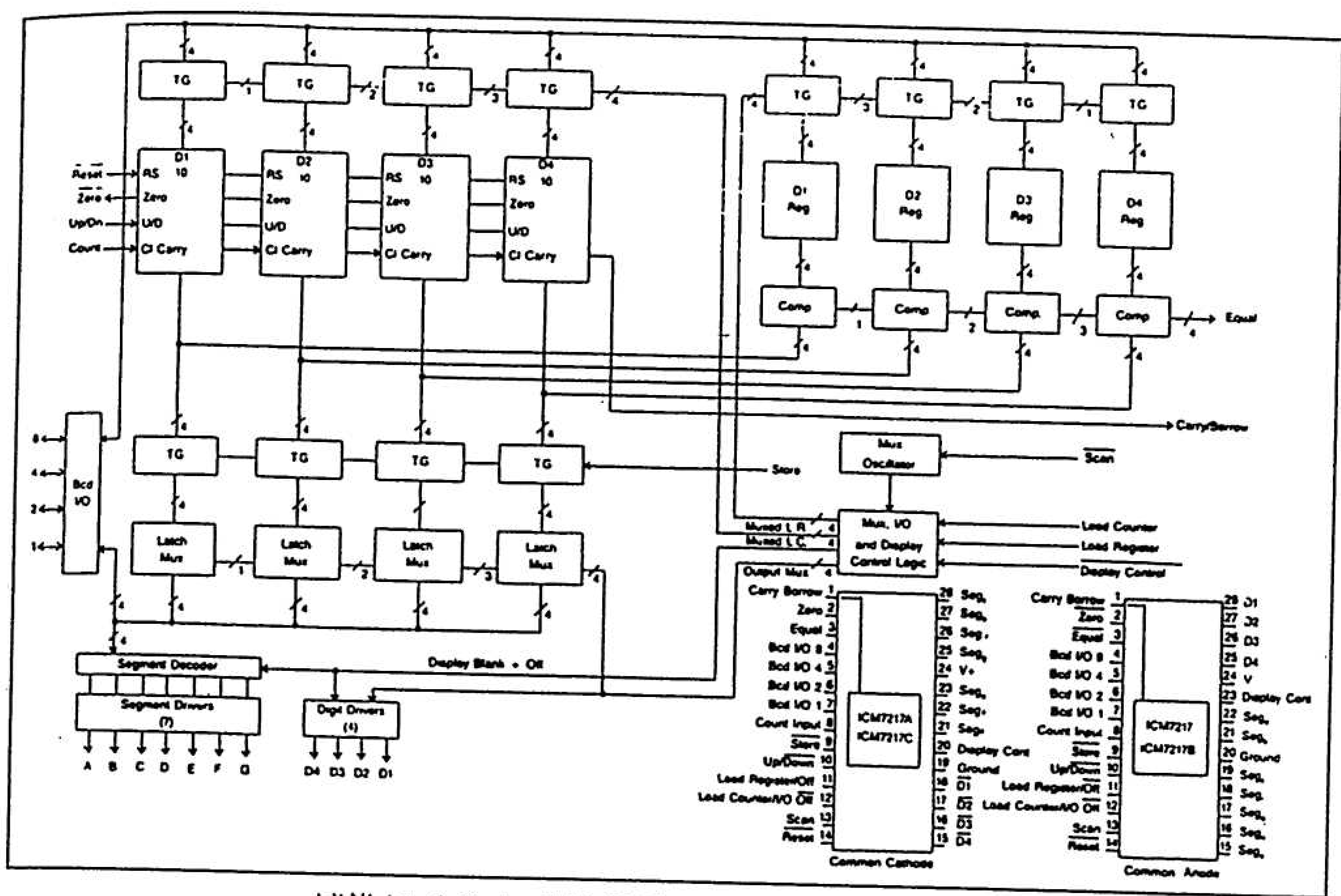
الأرجل الخارجية للدارة 3914 والمخطط الصندوقي جزء التردد المتوسط في مستقبل FM



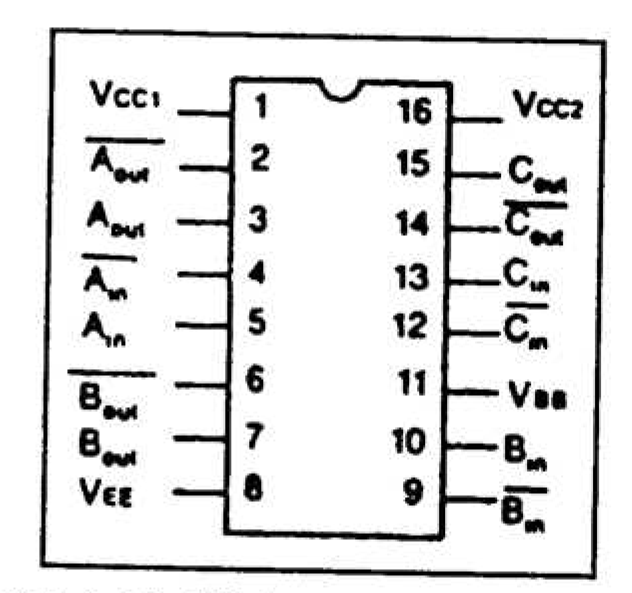
وظائف الأرجل للدارة 3914 واستخدام شائع لدارة تكبير تيار خطية لديودات إظهار لرسم الخطوط



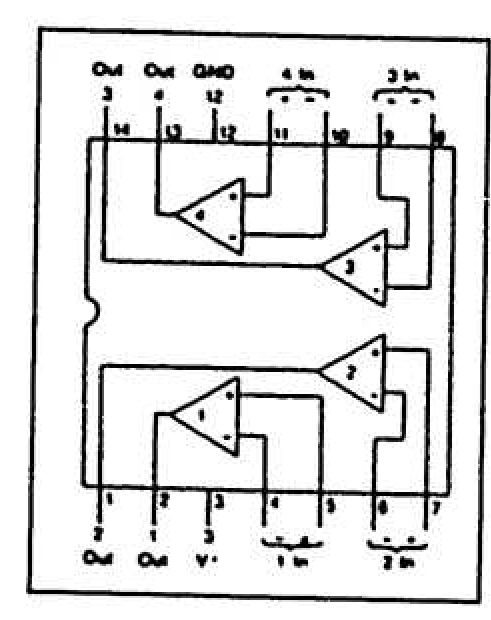
7641 ذاكرة قراءة فقط قابلة للبرمجة 4كيلو خانة



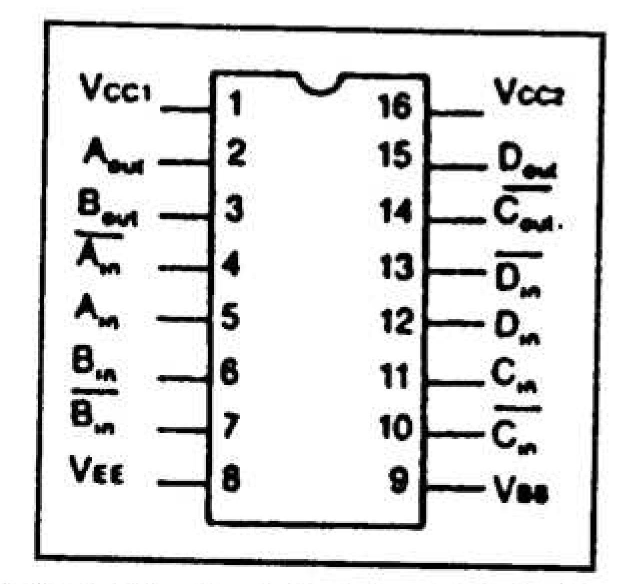
وصف وظيفي لعداد CMOS صاعد/هابط 7217. 4 ارقام عشرية/مكبر تيار للإظهار



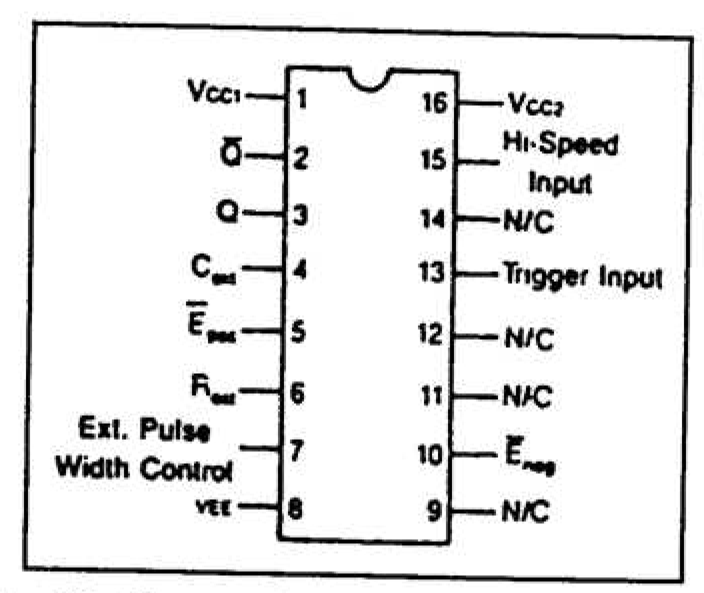
الأرجل الخارجية مستقبل ثلاثي الخطوط 10114



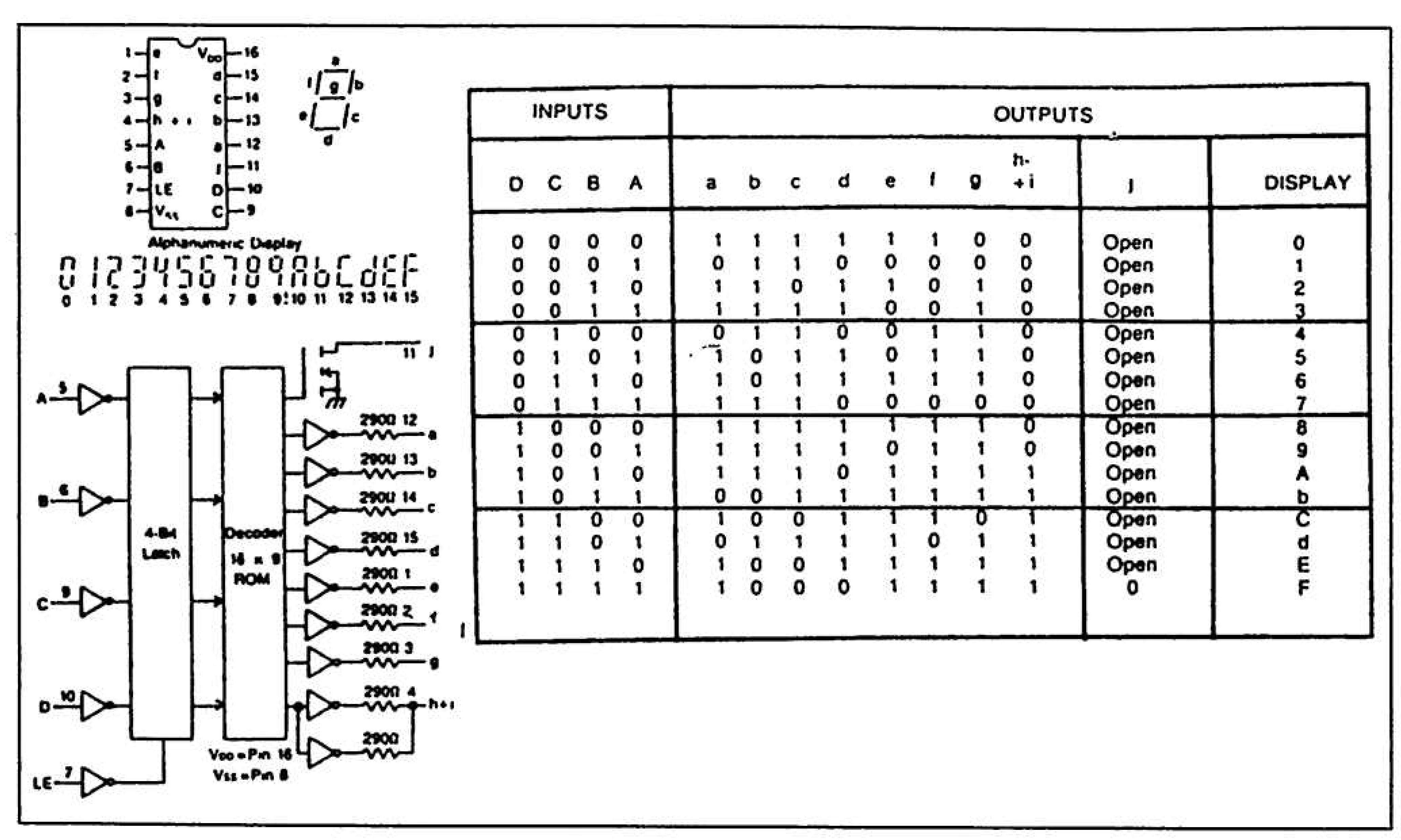
3302 مكبر عملياتي رباعي



الأرجل الخارجية لمستقبل رباعي الخطوط 10115

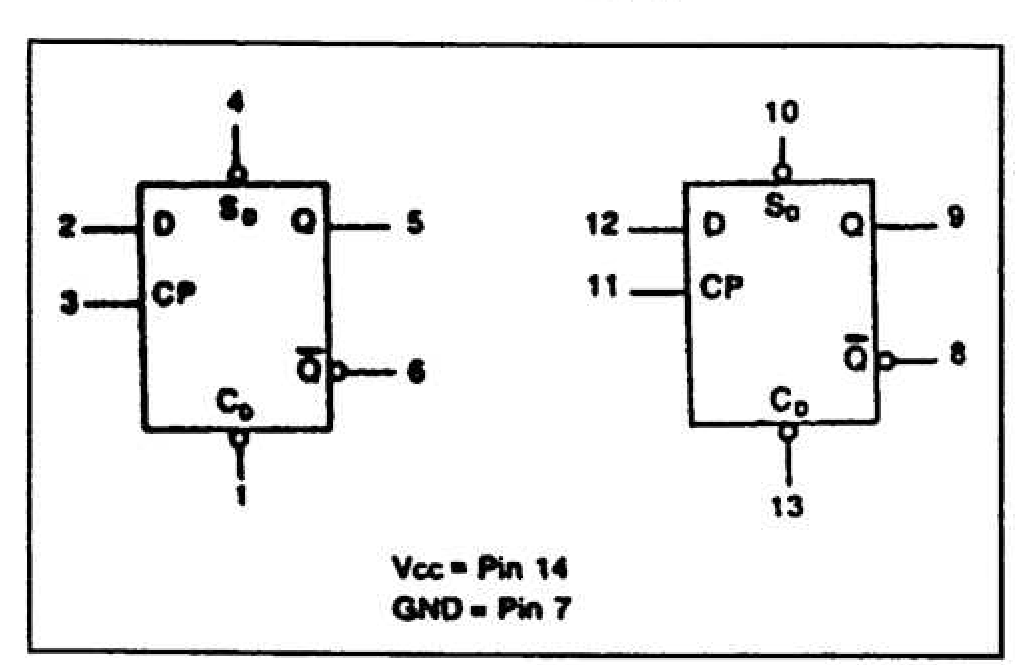


الأرجل الخارجية لهزاز وحيد الاستقرار قابل للقدح 10198

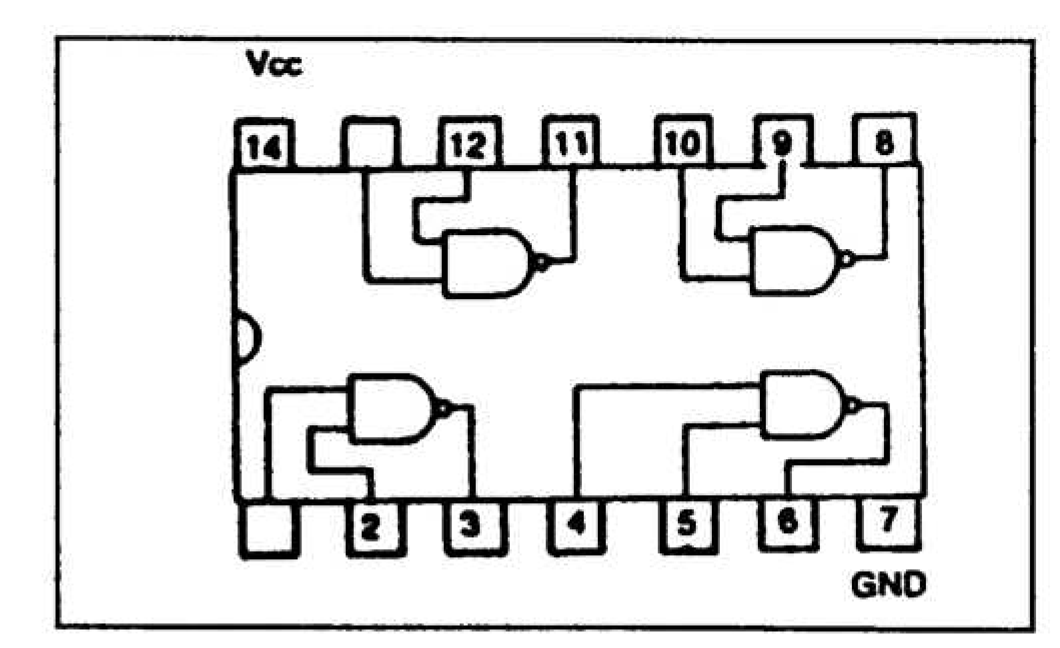


INPUTS				OUTPUTS									
D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	h+i	J	DISPLAY
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	Open	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	Open	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	Open	2
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	Open	3
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	Open	4
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	Open	5
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	Open	6
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	Open	7
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	Open	8
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	Open	9
1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	Open	A
1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	Open	b
1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	Open	C
1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	Open	d
1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	Open	E
1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	F

كاشف ترميز/ماسك CMOS 14495 من الترميز الست عشري إلى 7.قطع مع مقاومات تحديد تيار

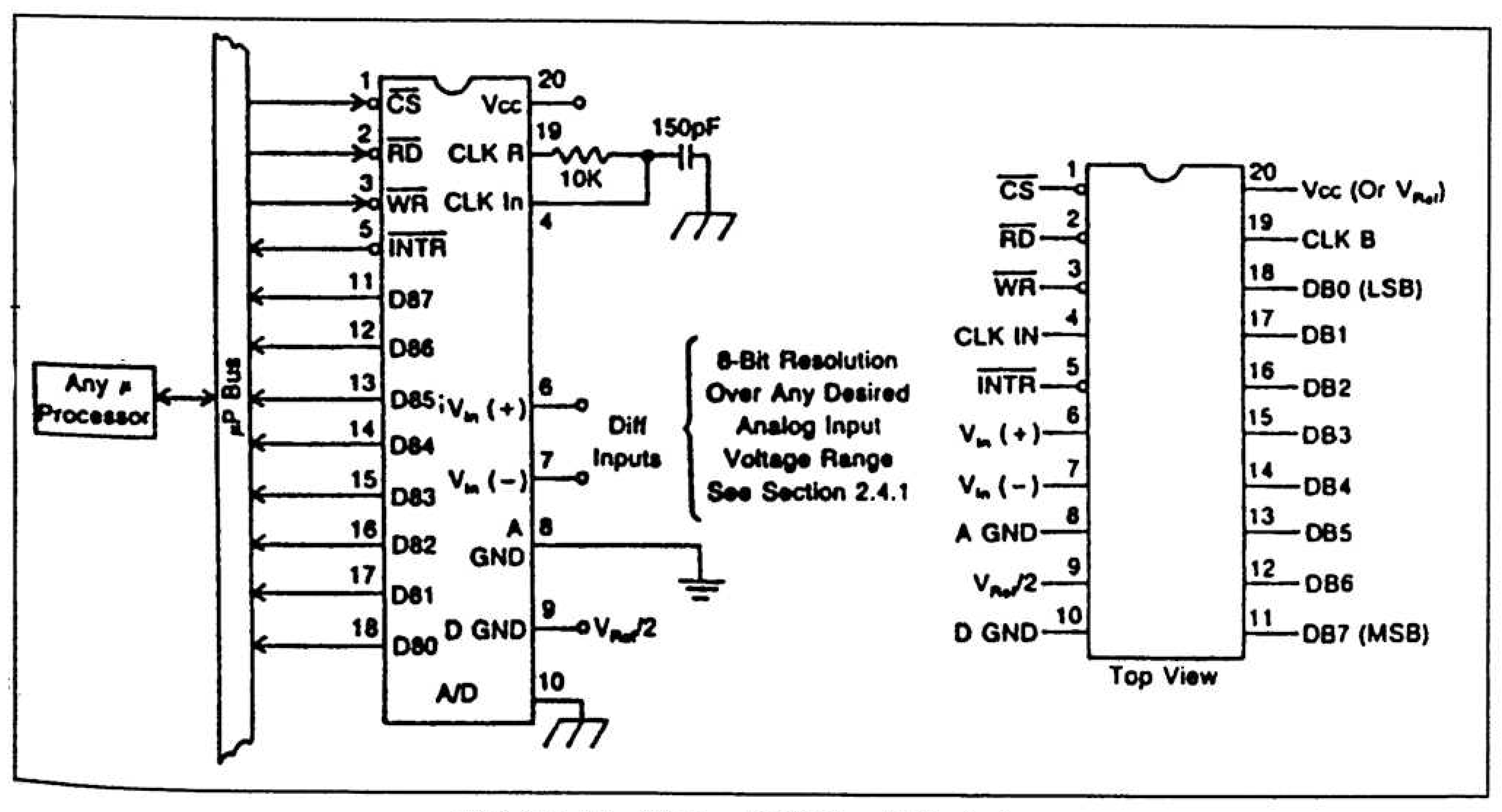


ثنائي الاستقرار مضاعف 74S74 يقدح بالنبضة الموجبة مـن نـوع شـوتكي- ضعيف الاستطاعة

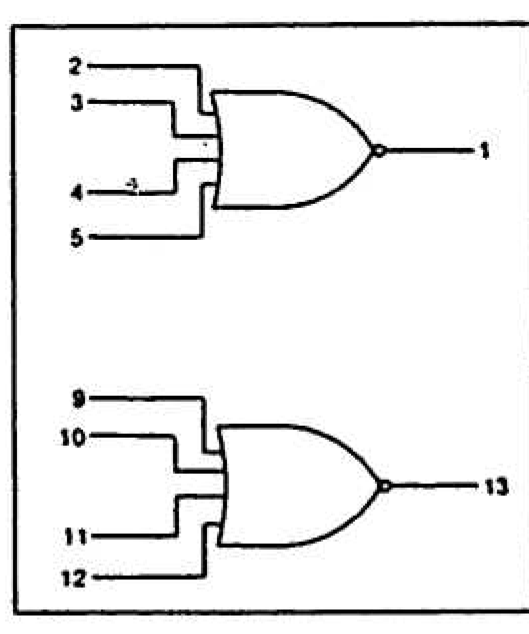


NAND رباعي شوتكي ذات دخلين 74S00

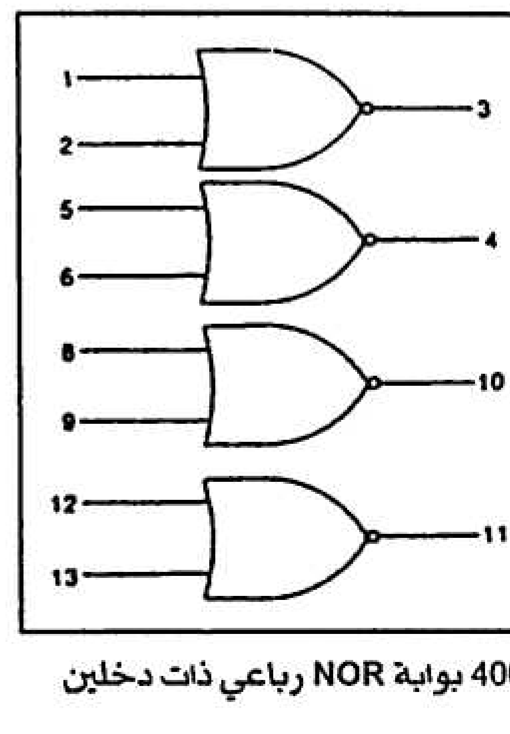
مكبر تردد متوسط راديوي FM 12124



مبدل رقمي/تشابهي ADC0804 مع دارة الربط البينية بالمعالج

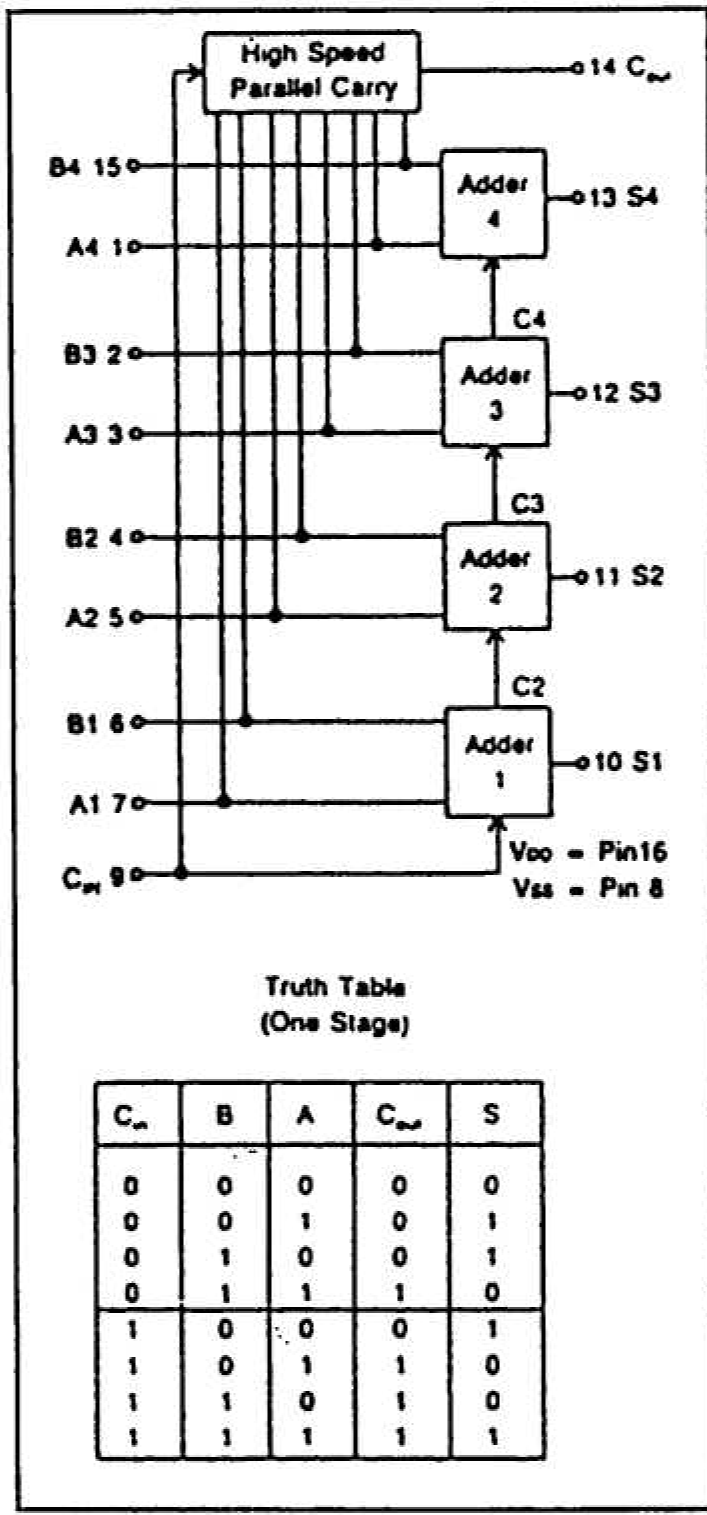


4002 بوابة NOR مضاعفة ذات أربعة مداخل



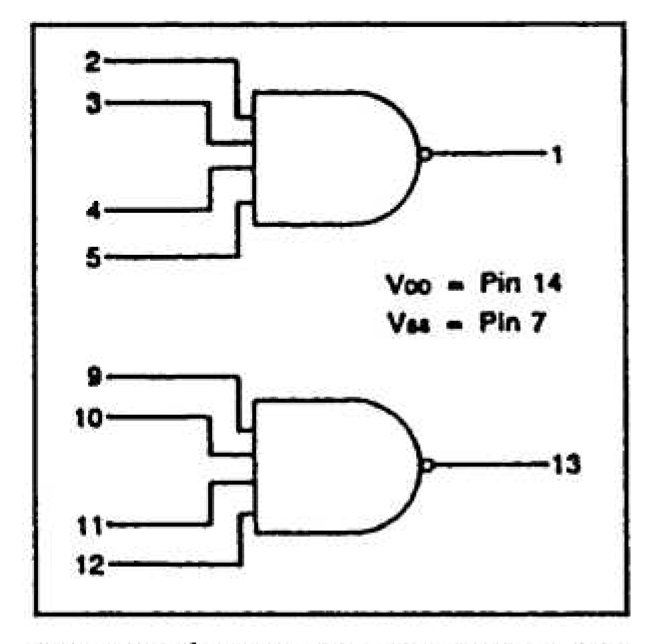


4001 بوابة NOR رباعي ذات دخلين

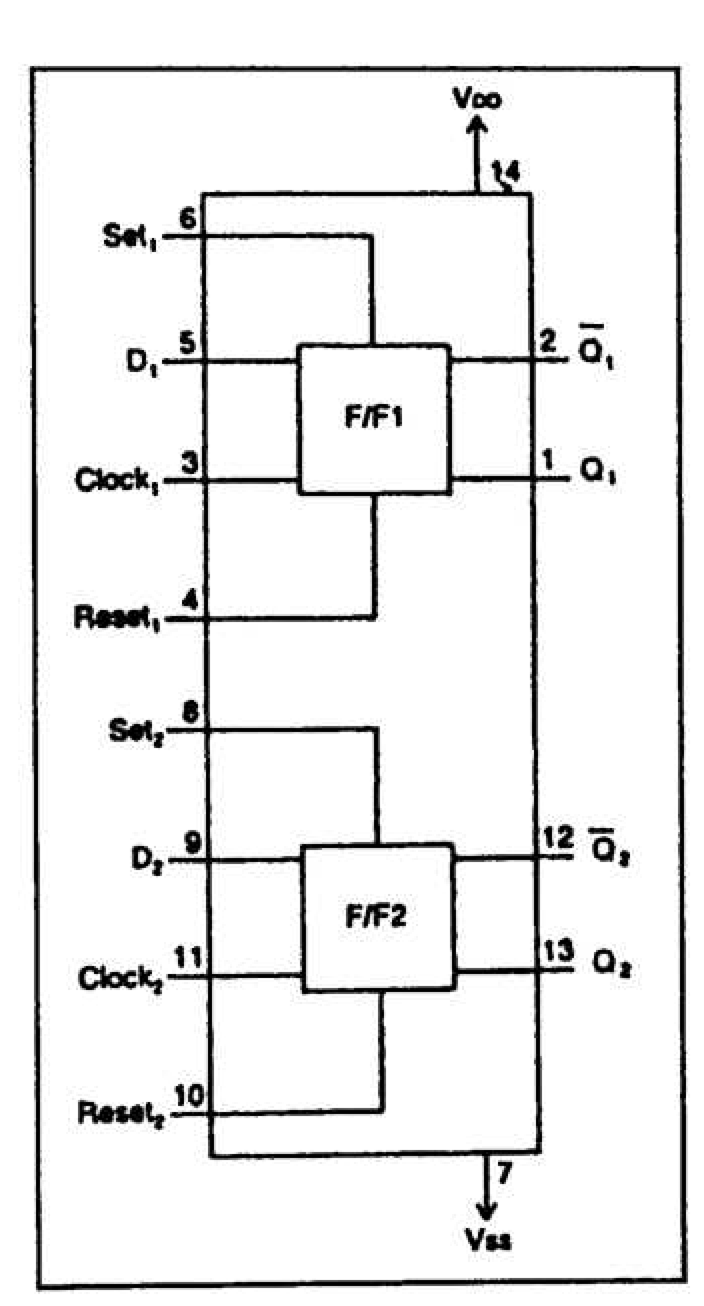


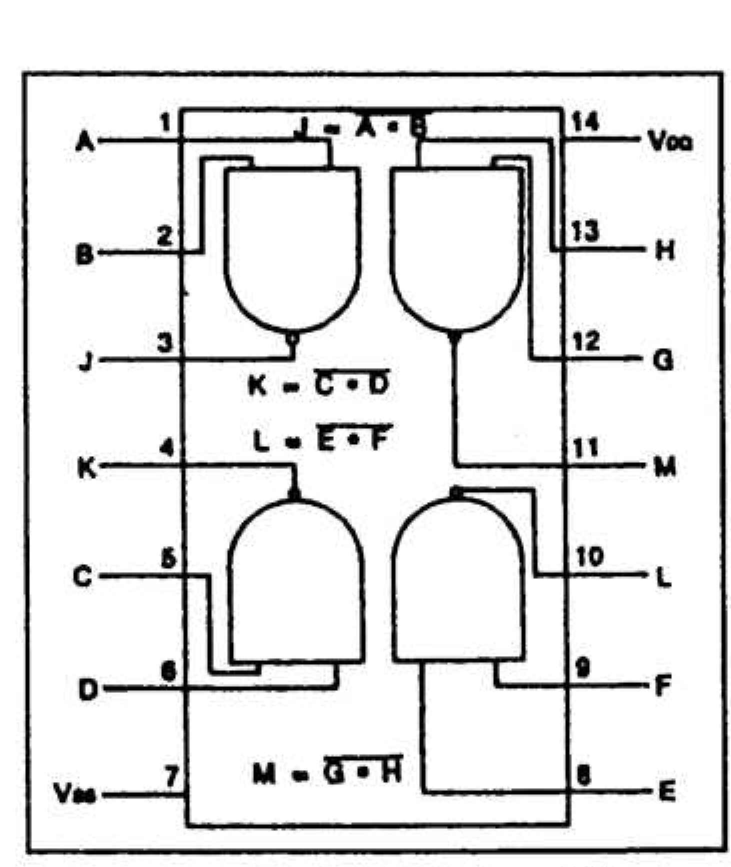
C_{in}	B	A	C_{out}	S
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

4008 جامع كامل Full Adder 4 خانة



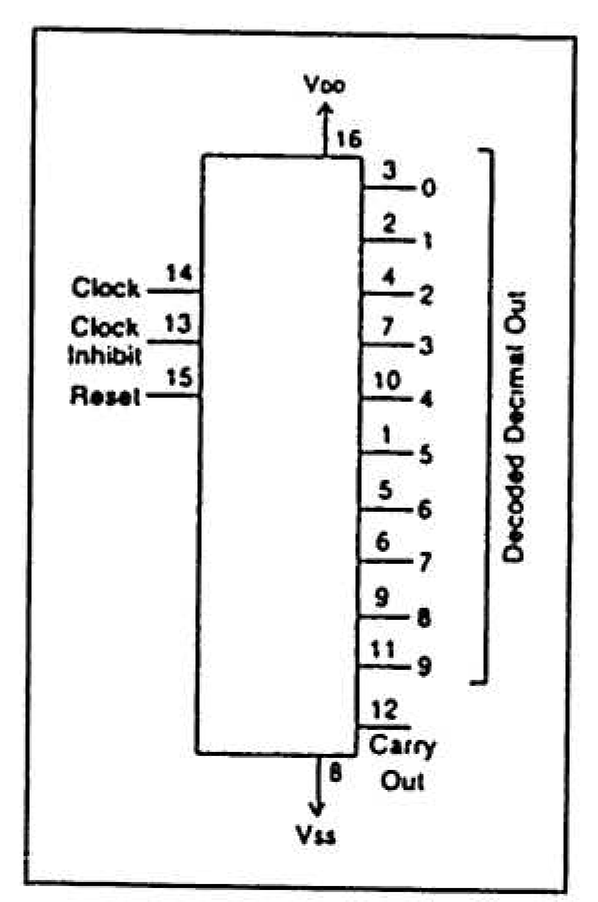
4012 بوابة nand مضاعفة ذات أربعة مداخل



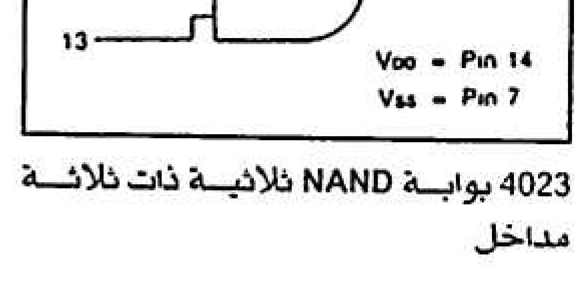


4011 بوابة NAND رباعية ذات دخلين

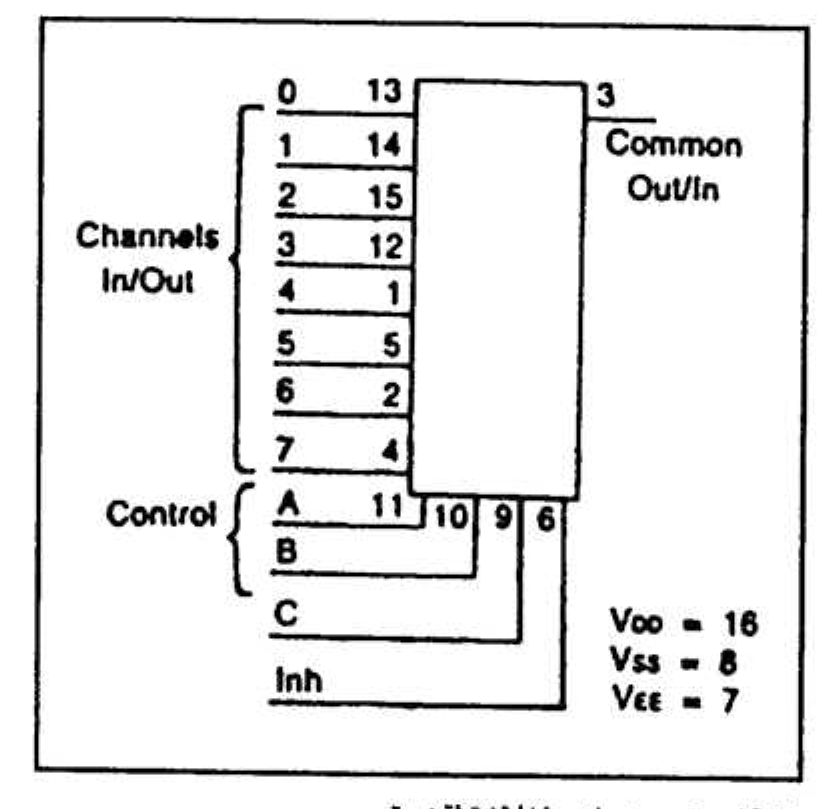
4013 ثنائي الاستقرار Flip-Flop مضاعف من نوع D



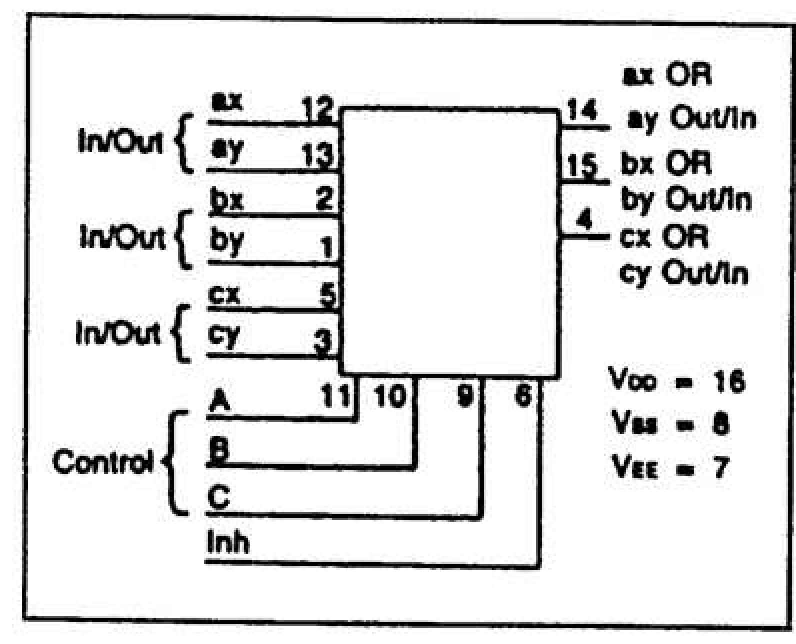
4017 عداد ومقسم عشري



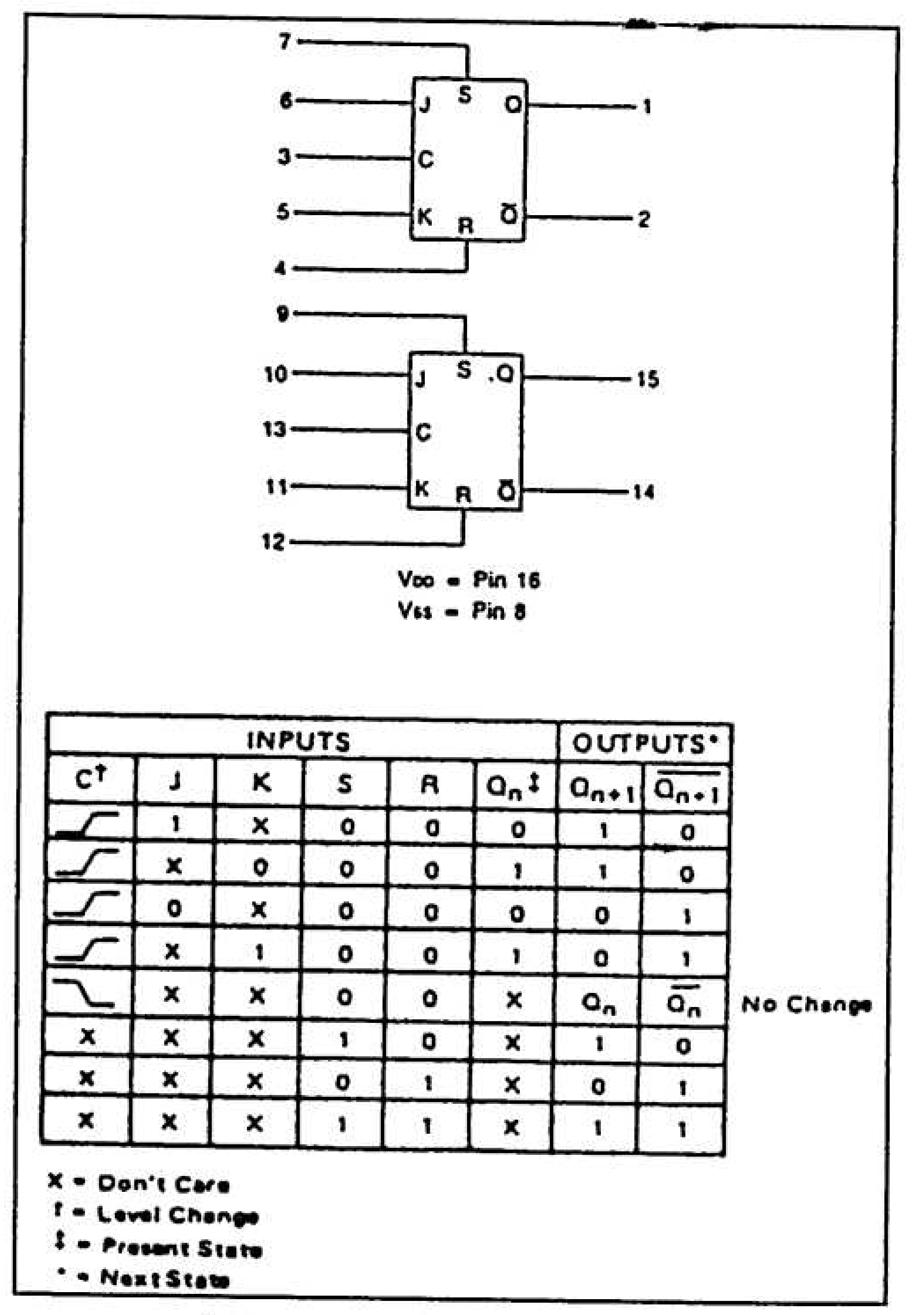
4023 بوابـة NAND ثلاثيـة ذات ثلاثـة مداخل



4051 متعدد/مازج لثلاثة أقنية



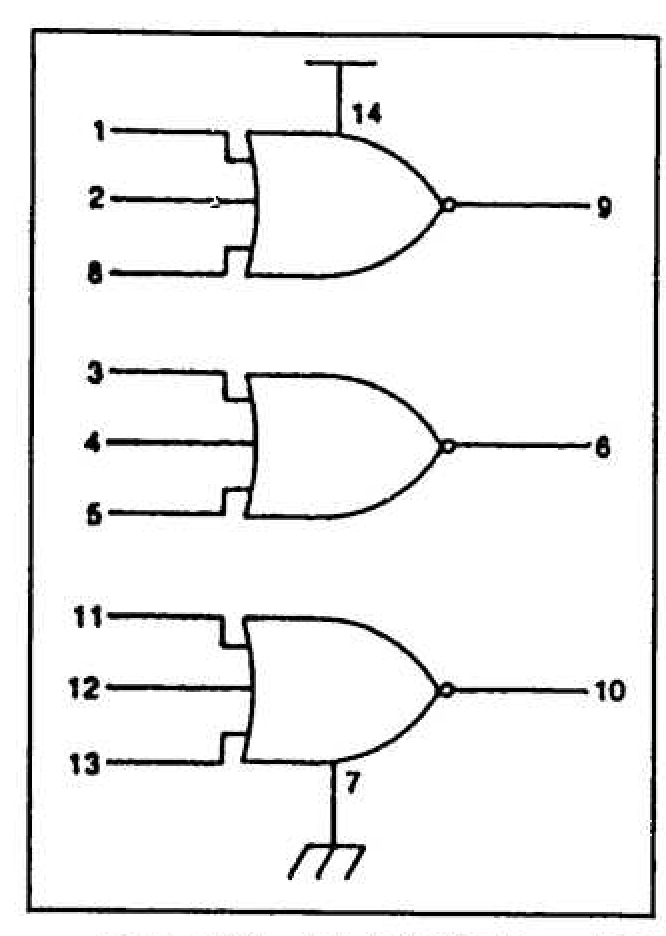
4053 ناخب/مازج لقناتين متشابهتين.



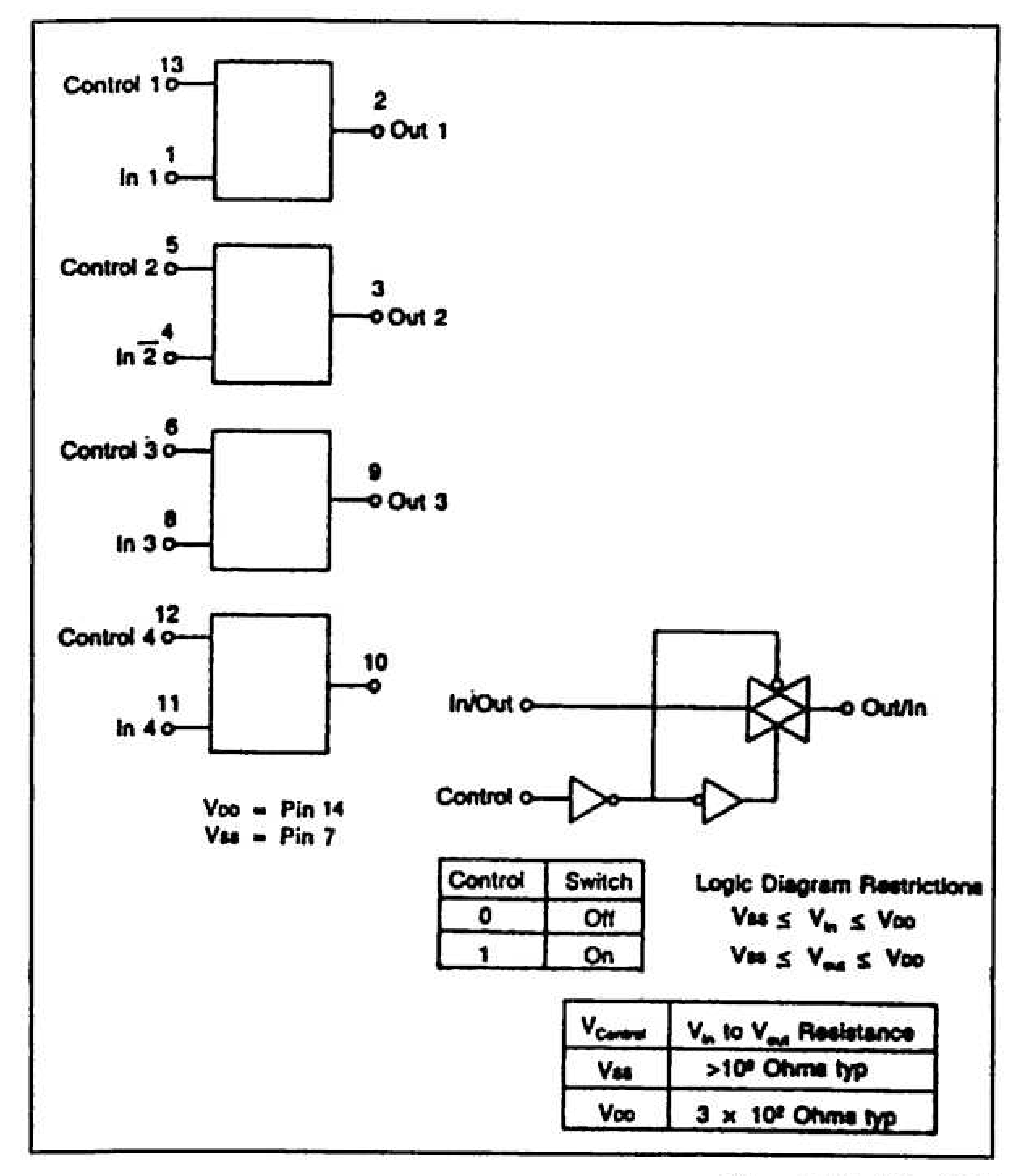
INPUTS						OUTPUTS*	
C↑	J	K	S	R	Q_n‡	Q_{n+1}	$\overline{Q_{n+1}}$
↗	1	X	0	0	0	1	0
↗	X	0	0	0	1	1	0
↗	0	X	0	0	0	0	1
↗	X	1	0	0	1	0	1
↘	X	X	0	0	X	Q_n	$\overline{Q_n}$ No Change
X	X	X	1	0	X	1	0
X	X	X	0	1	X	0	1
X	X	X	1	1	X	1	1

X = Don't Care
↑ = Level Change
‡ = Present State
* = Next State

4027 ثنائي الاستقرار (قلاب) J-K، مضاعف



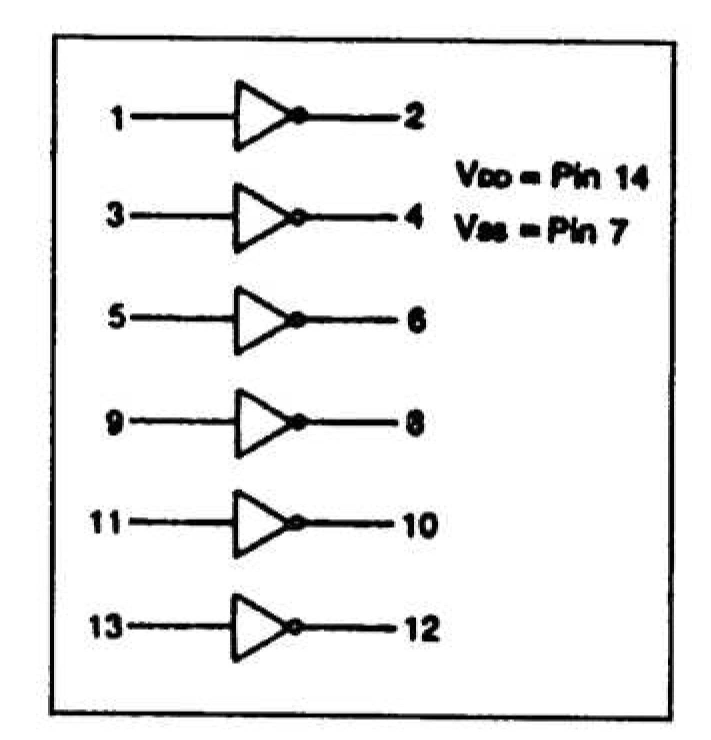
4025 بوابة NOR ثلاثية ذات ثلاثة مداخل



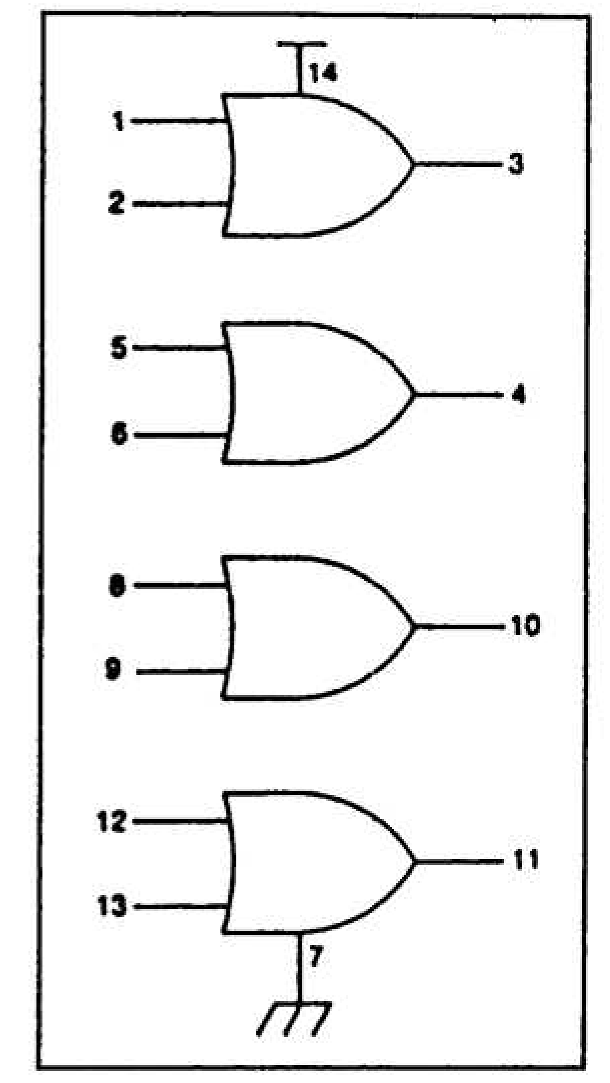
Control	Switch
0	Off
1	On

$V_{Control}$	V_{in} to V_{out} Resistance
Vss	>10⁹ Ohms typ
Vdd	3 x 10² Ohms typ

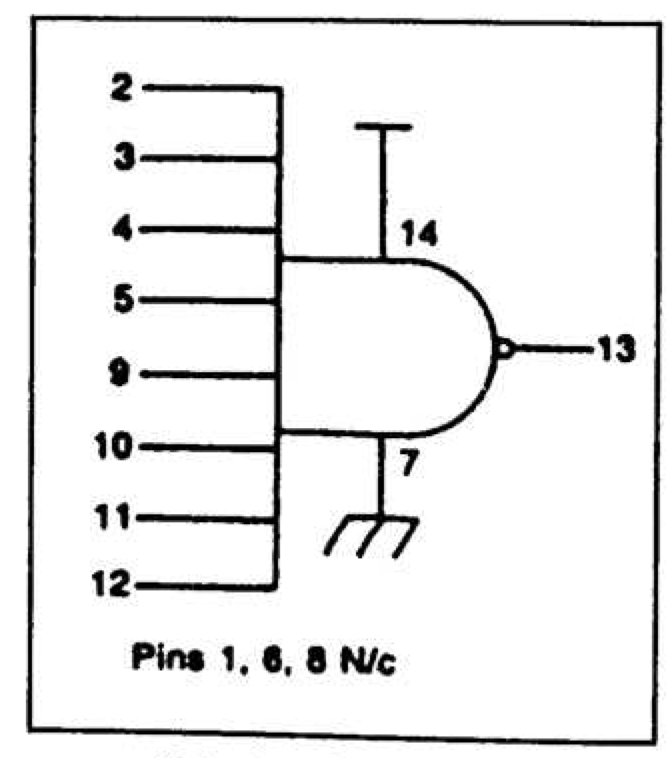
4066 مفتاح تشابهي رباعي



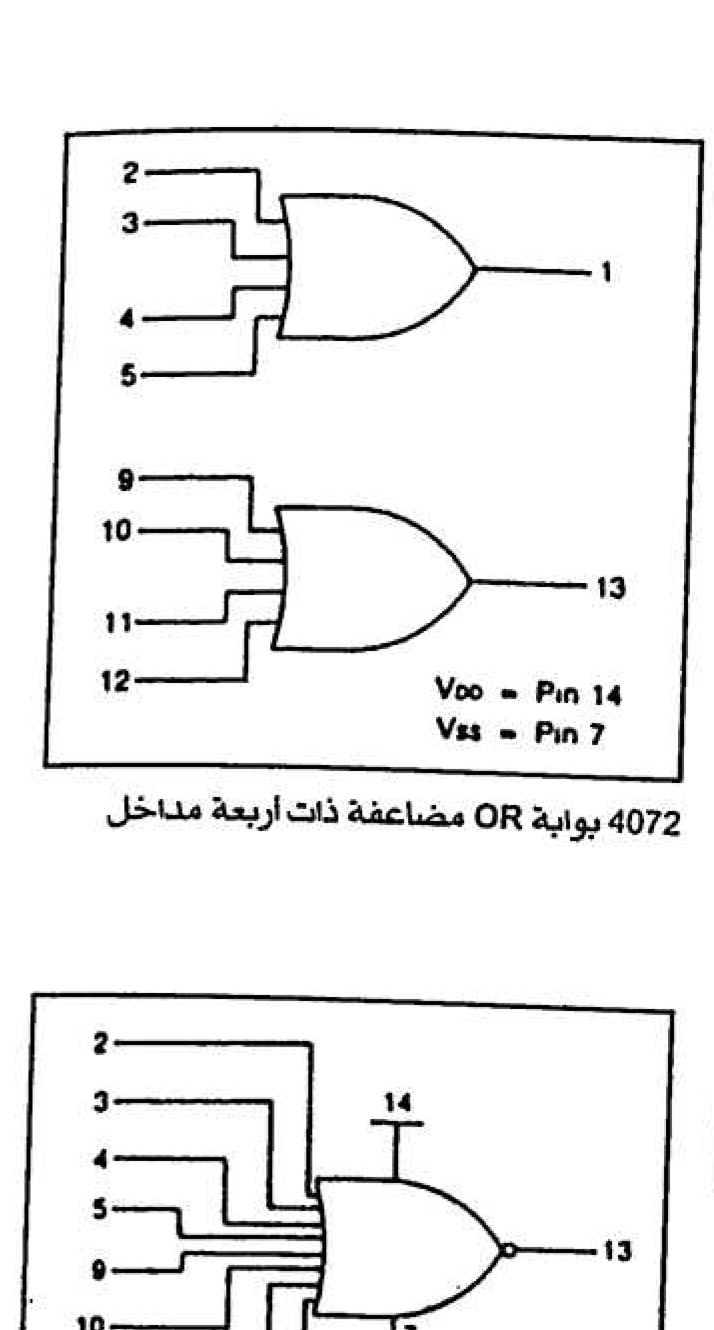
4069 بوابة عواكس عدد 6



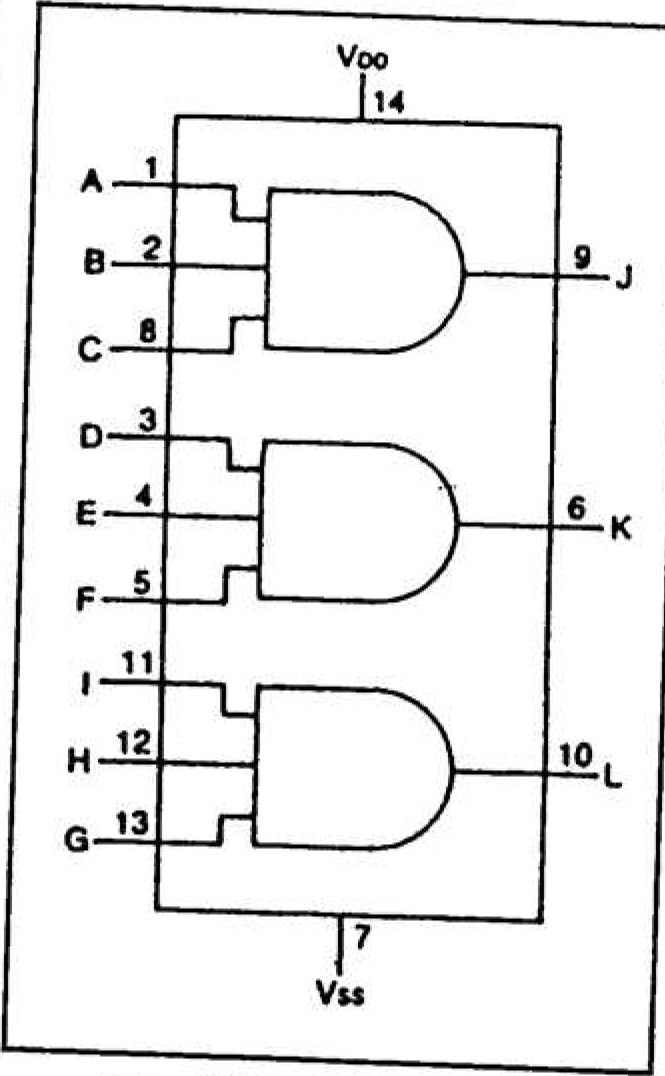
4071 بوابة OR رباعية ذات دخلين



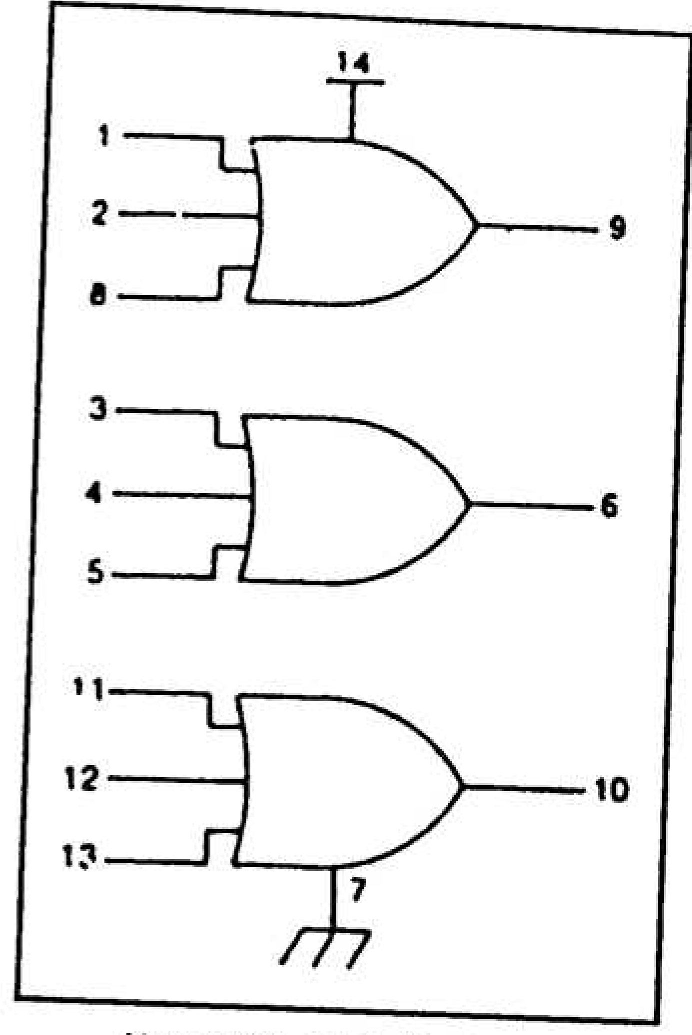
4068 بوابة NAND ذات ثمانية مداخل

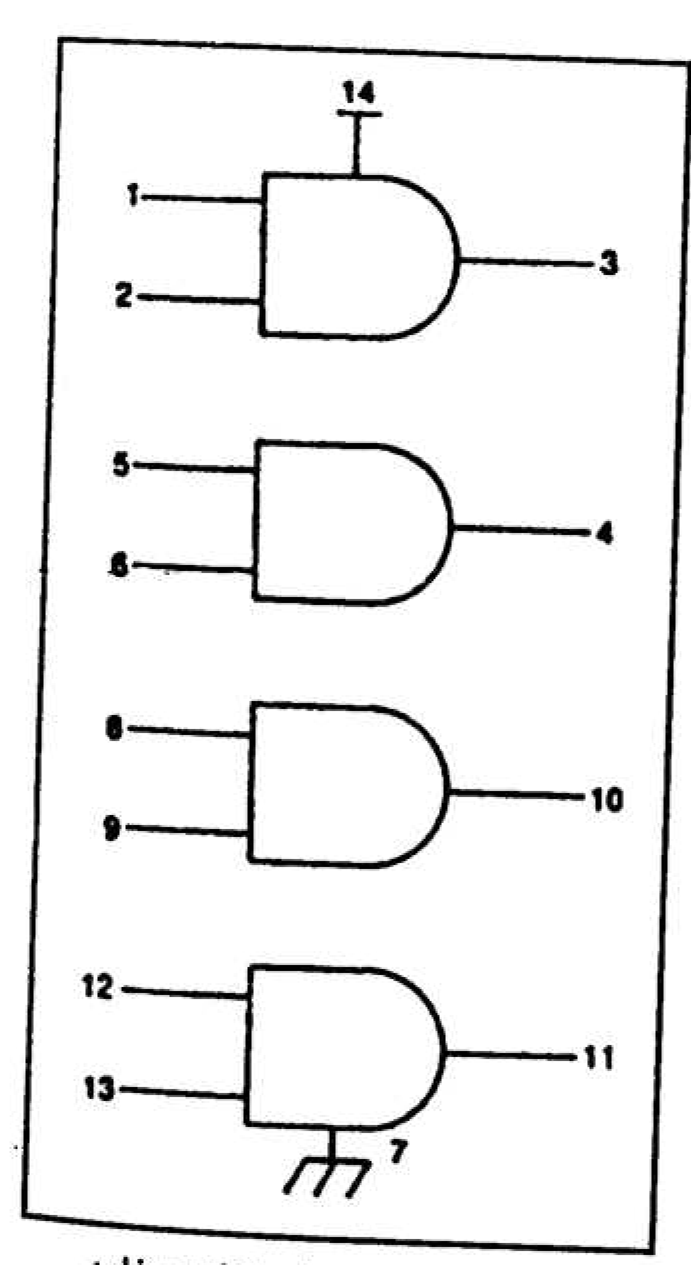


4072 بوابة OR مضاعفة ذات أربعة مداخل

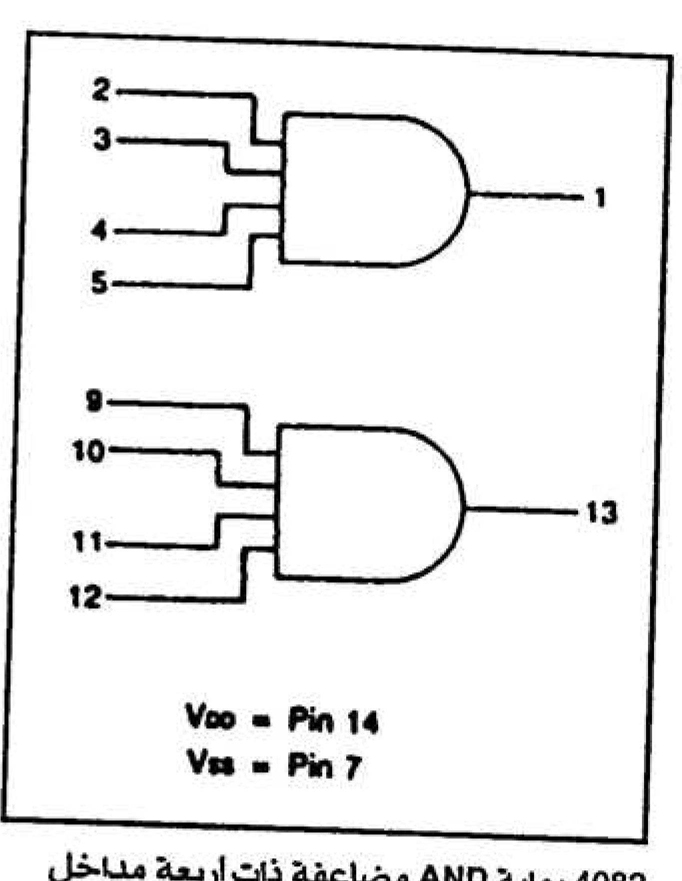


4073 بوابة AND ثلاثية ذات ثلاثة مداخل

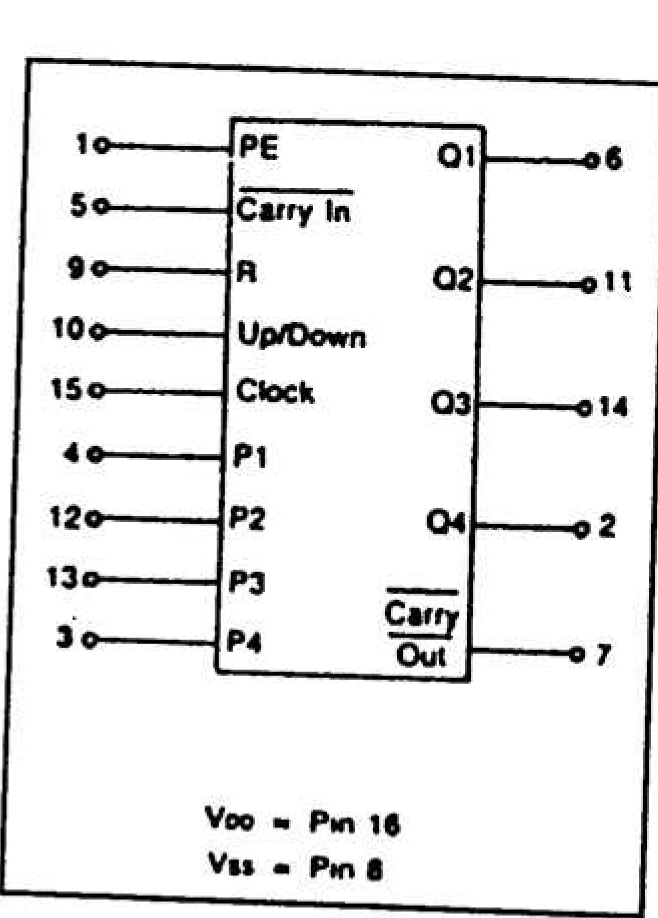

4075 بوابة OR ثلاثية ذات ثلاثة مداخل



4078 بوابة NOR ذات ثمانية مداخل



4082 بوابة AND مضاعفة ذات أربعة مداخل



4510 عداد BCD صاعد/هابط

4081 بوابة AND رباعية ذات دخلين

INPUTS							OUTPUTS							
LE	$\overline{BI}$	$\overline{LT}$	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	DISPLAY
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	8
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	1	1	X	X	X	X				*				*

X = Don't Care

*Depends upon the BCD code previously applied when LE = 0

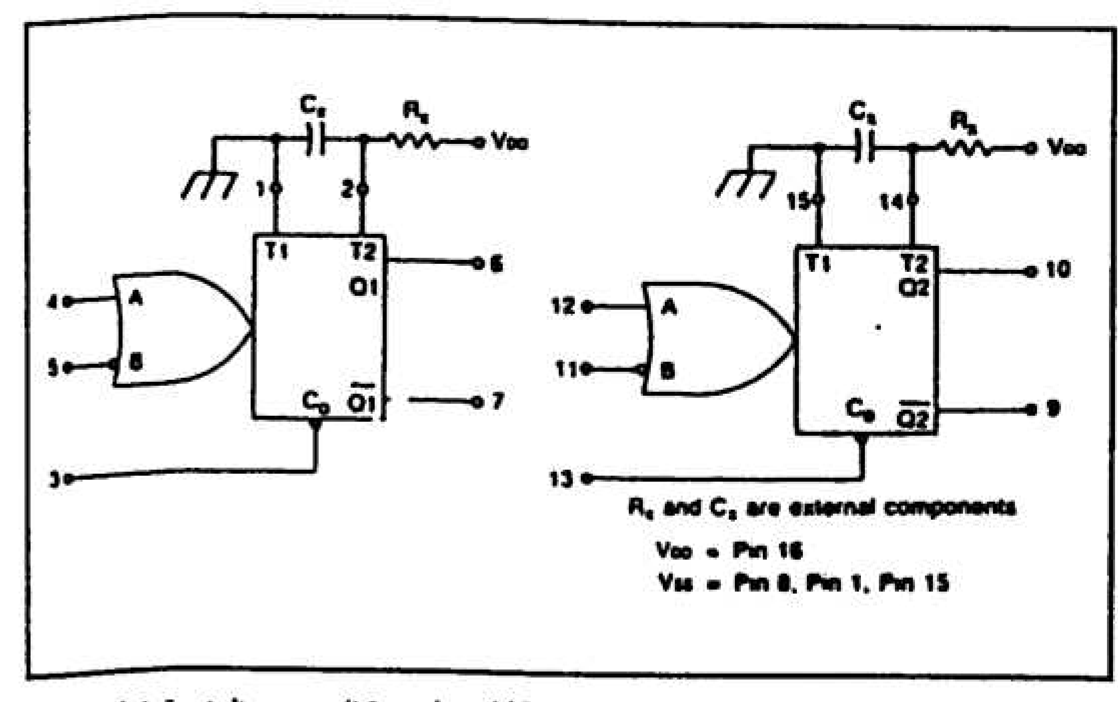
وظائف الأرجل وجدول الحقيقة للدارة 4511 التي تعمل كفاك شيفرة من BCD إلى 7 قطع

DECODE TRUTH TABLE (Strobe = 1)

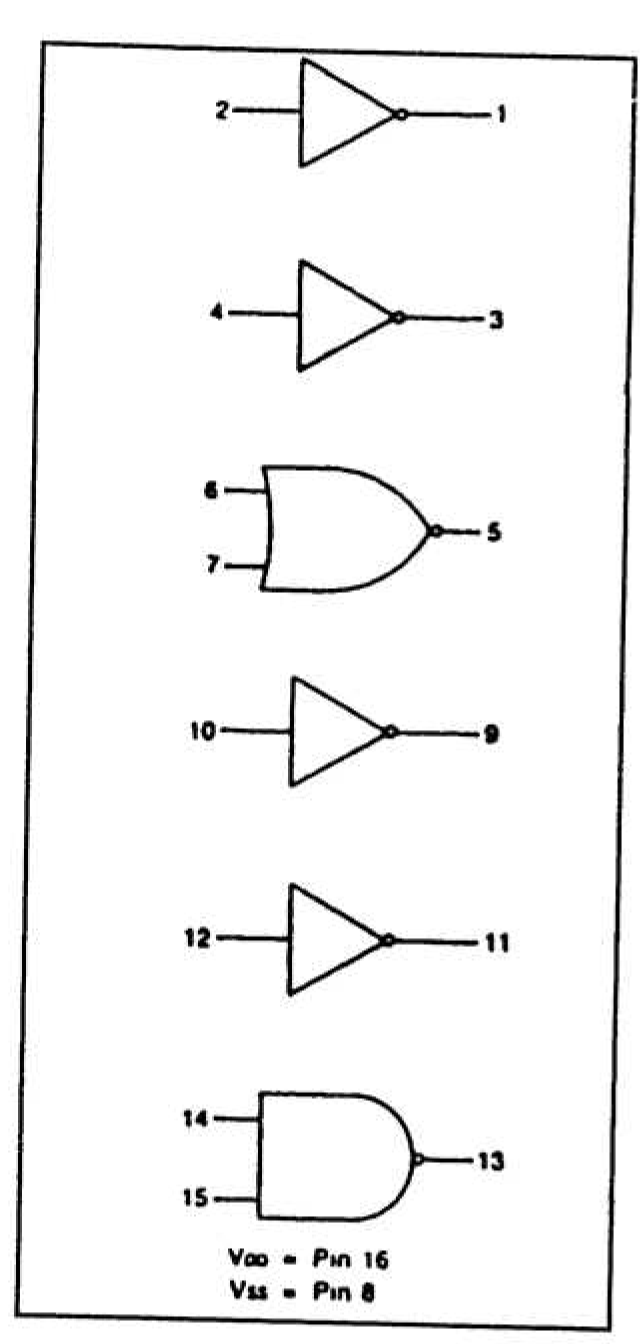
INHIBIT	DATA INPUTS				SELECTED OUTPUT MC14514 = Logic "1" MC14515 = Logic "0"
	D	C	B	A	
0	0	0	0	0	S0
0	0	0	0	1	S1
0	0	0	1	0	S2
0	0	0	1	1	S3
0	0	1	0	0	S4
0	0	1	0	1	S5
0	0	1	1	0	S6
0	0	1	1	1	S7
0	1	0	0	0	S8
0	1	0	0	1	S9
0	1	0	1	0	S10
0	1	0	1	1	S11
0	1	1	0	0	S12
0	1	1	0	1	S13
0	1	1	1	0	S14
0	1	1	1	1	S15
1	X	X	X	X	All Outputs = 0, MC14514 All Outputs = 1, MC14515

X = Don't Care

4514و 5415 ماسك 4خانة وكاشف ترميز من 4 إلى 16 خانة.



4538 وحيد استقرار قابل للتحكم بالإقلاع والعودة إلى وضع الراحة-ثنائي



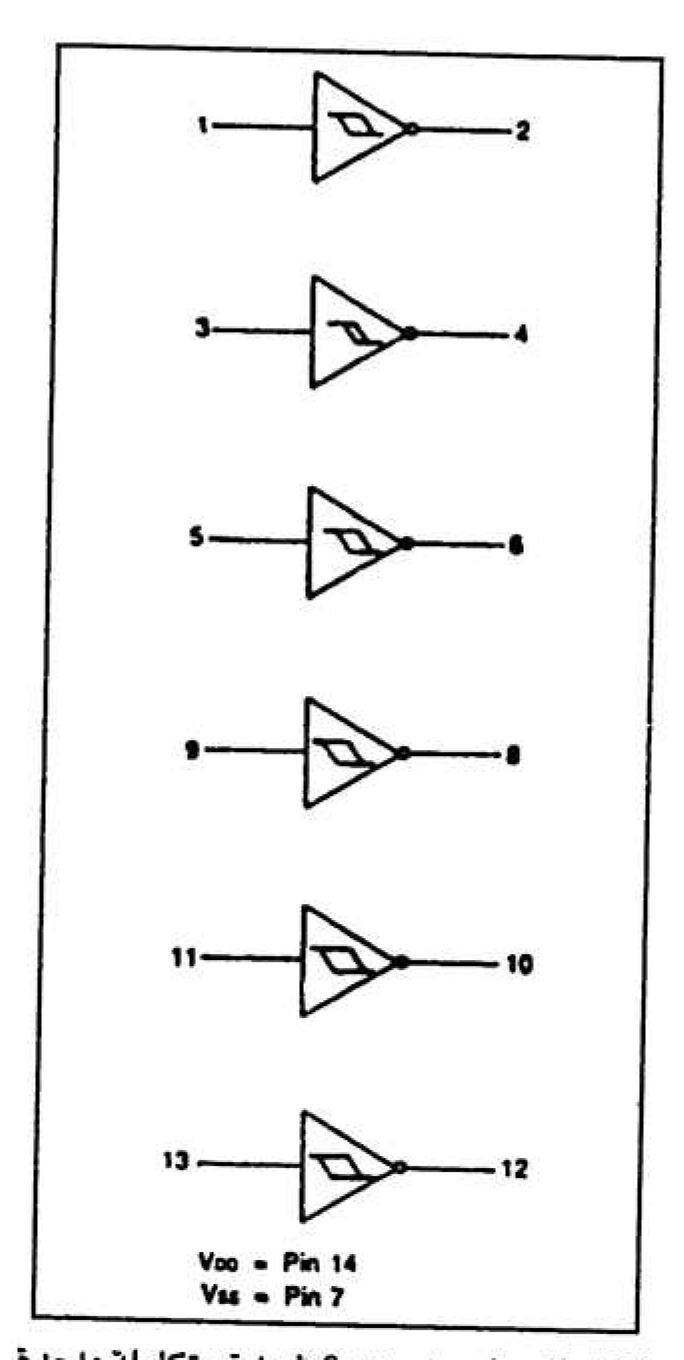
4572 ست بوابات في دارة واحدة: أربع عواكس، بوابة NOR ذات دخلين، بوابة NAND ذات دخلين.

Display

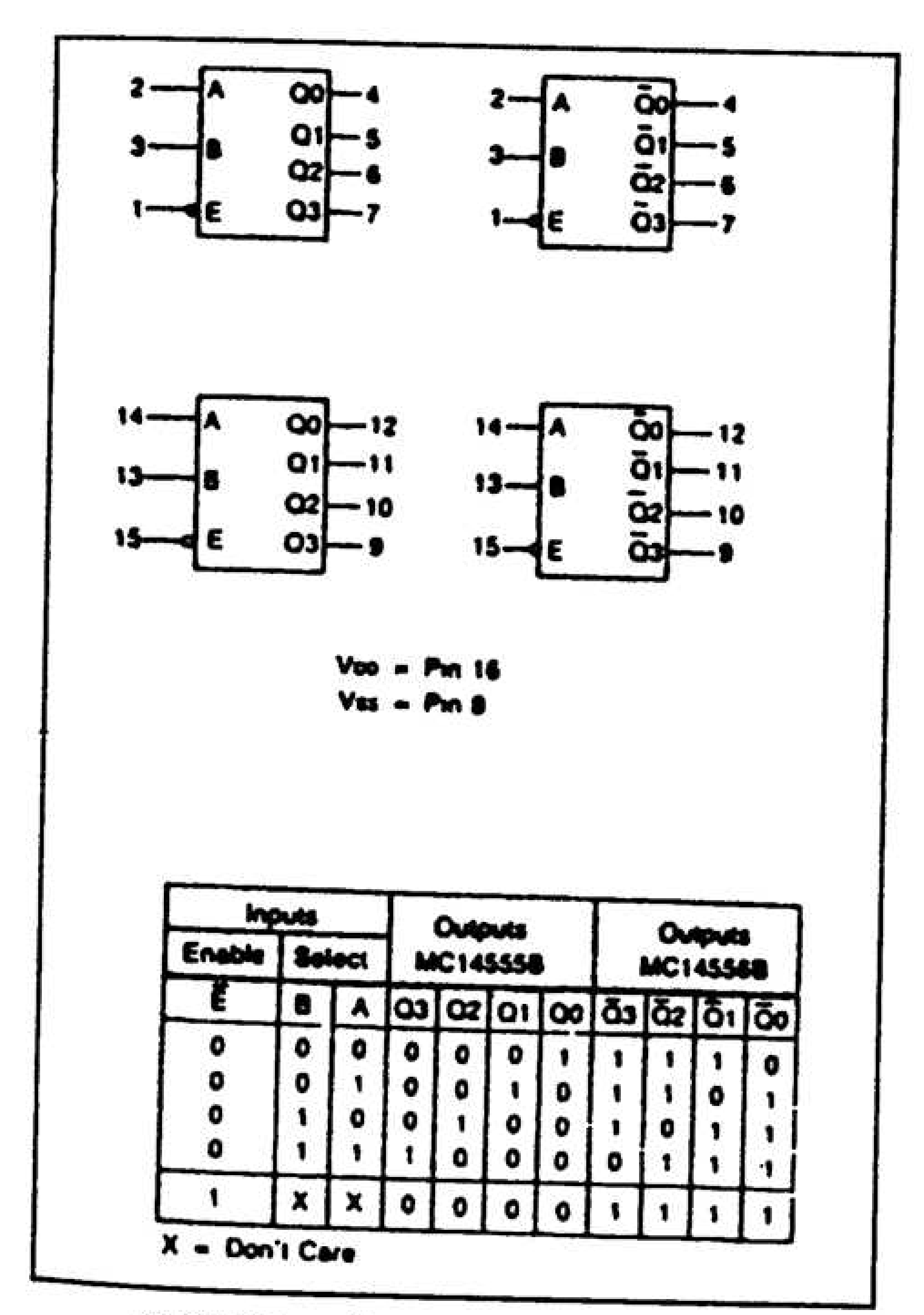
Inputs					Outputs							
BI	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	DISPLAY
0	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank

X = Don't Care

4547 كاشف ترميز من BCD إلى سبع قطع/مكبر عازل عالي التيار



4584 قادح شميث عدد 6 في دارة متكاملة واحدة



Inputs			Outputs MC14555B				Outputs MC14556B			
Enable	Select									
$\bar{E}$	B	A	Q3	Q2	Q1	Q0	$\bar{Q}3$	$\bar{Q}2$	$\bar{Q}1$	$\bar{Q}0$
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
1	X	X	0	0	0	0	1	1	1	1

X = Don't Care

وظائف الأرجل وجدول الحقيقة للدارات 4556/4555



الملحق B

مصطلح الديسيبل (dB)

يعبر الديسبل عن قيمة نسبية لإشارتين. ويستخدم التدريج اللوغاريتمي لضغط الاختلافات العريضة وتحويلها إلى أعداد بسيطة سهلة الاستخدام عملياً بحيث يمكن إدراج البيكوات (10^{-12}) والميغاوات (10^{6}) معاً، والتعامل معها دون إهمال أي طرف أثناء الحسابات. كذلك فإن مفهوم الديسبل يحول عمليات الضرب إلى عمليات جمع وهذا يسمح بمتابعة الإشارة التي تجتاز نظام أو مجموعة قياس. فمثلاً. إذا كانت استطاعة الإشارة A تساوي 1000 وات والإشارة B تساوي 10وات. عندئذٍ تكون الإشارة A أقوى من الإشارة B بما يعادل 20 ديسبيل حيث أن فرق الاستطاعة بالديسيبل:

10log(1000/10)=

2×10 =

20dB =

لذلك فإن مكبراً يستقبل إشارة ذات استطاعة 10 وات، وتزداد قوة الإشارة بعامل 100 لتصبح 1000 وات، عندئذٍ يكون عامل الربح للمكبر 20dB. وبطريقة مشابهة يكون الربح 60dB إذا كان عامل التكبير مساوياً مليون مرة.

يعبر عن الديسبل أيضاً حسب القيمة المرجعية مثل الوات، الميلي وات والميلي فولت. إن الاختصارات dBW، dBm و dBmv تعني ازدياد الاستطاعة بالنسبة لواحدات، واحد ميلي وات، أو واحد ميلي فولت على الترتيب. فمثلاً 60dBW تكافئ استطاعة مليون وات.

إن تعريف الديسبل منسوباً إلى واحد ميلي فولت (أو أمبير) يختلف عن تعريف الديسبل المنسوب إلى الاستطاعة. وهو يعطى بالعلاقة:

20log (الإشارة بالميلي فولت / 1 millivolt)

لذلك فإن إشارة تساوي 20dBmV تعادل 10 ميلي فولت، ويعود سبب الاختلاف إلى أن الاستطاعة تتناسب مع مربع الجهد (أو التيار). وإن عامل التربيع يضاعف من قيمة اللوغاريتم.

SAMPLE DECIBEL VALUES

Decibels (dB)	Power Ratio	Current or Voltage Ratio
1	1.25	1.12
3	1.41	2
6	4.00	2.00
10	10	3.16
20	100	10
30	1000	31.6
40	10,000	100
50	100,000	316
60	1,000,000	1,000

معادلات التلفزيون الفضائي
Satellite TV Equations

معادلات الإلكترونيات الأساسية
Basic Electronic Equations

طول الموجة

يعطى طول الموجة لإشارة كهرطيسية بالعلاقة:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

λ طول موجة الإشارة، V: سرعة الضوء وتساوي 186.000 ميل/ثانية، أو 300×10^6 متر/ثانية، f يشير إلى تردد الإشارة.

الدور والثابت الزمني Period And Time Constants

الزمن اللازم لاستكمال دورة كاملة لموجة يعطى بالعلاقة:

$$\tau = \frac{1}{f}$$

الثابت الزمني لمقاومة/مكثف RC، ولمقاومة/ملف RL يعطى بالعلاقة:

$$\tau_{RC} = R \times C$$

$$\tau_{RL} = L/R$$

R: مقاومة بالأوم، C: مكثف بالفارد، L: وشيعة بالهنري.

قانون أوم Ohom Law

هو القانون الأساسي للدارات الغير فعالة، وهو يربط الجهد والتيار بالعلاقة:

$I=E/R$ أو $E = I \times R$

E: الجهد بالفولت، I: التيار بالأمبير، R: هي مقاومة الدارة.

أما قانون أوم لدارات تعمل بالتيار المتناوب فيعبر عنه بالعلاقة:

$$E = I \times Z$$

$$Z = E/I$$

E: الجهد بالفولت، I: التيار بالأمبير، Z: الممانعة بالأوم.

الاستطاعة

تعطى الاستطاعة المارة في دارة بالعلاقة:

$$P = V^2/R = E \times I$$

الاستطاعة P تقدر بالواط، الجهد V بالفولت، التيار I بالأمبير والمقاومة R بالأوم.

المفاعلة Reactance التحريضية والسعوية

تعطى المفاعلة التحريضية والسعوية في دارة بالعلاقات:

$$X_L = 6.28 \times f \times L$$

$$1/X_C = 6.28 \times f \times C$$

X_L: المفاعلة التحريضية، X_C: المفاعلة السعوية، f: تردد الإشارة، L: التحريضية مقدرة بالهنري، C: تعبر عن السعة بالفاراد.

يتأخر التيار عن الجهد بزاوية 90 درجة في دارة تحريضية، ويتقدم عنه بزاوية 90 درجة أيضاً في دارة سعوية، ولدى زيادة التردد فإن المفاعلة التحريضية تزداد في حين تنقص المفاعلة السعوية.

تردد الطنين

إن تردد الطنين لدارة تحريضية ـ سعوية يعطى بالعلاقة

$$f_r = 1/(6.28 \times LC)$$

f_r يرمز لتردد الطنين، L للتحريضية مقدرة بالهنري و للسعة مقدرة بالفاراد.

معادلات الاتصال عبر التوابع الضعيفة

تستخدم هذه المعادلات لحساب نسبة استطاعة الحامل إلى الضجيج (CNR) التي تصل إلى دخل مستقبل للتوابع الصنعية إن معادلة الاتصال هي كما يلي:

CNR EIRP - path los + G/Tsys - 10 Log B + 228.6

EIRP هي الاستطاعة الفعالة المشتقة في جميـ

الاتجاهات والموجهة بواسطة هوائي الوصلة الهابطة إلى موقع أرضي، وهي مقاسة بوحدة dBW (ديسبل منسوباً إلى واحد وات).

إن الفقدان الناتج عن المرور Path loss يحدّد مقدار الضياع من تابع الاتصالات الصنعي إلى هوائي الاستقبال، ويعود الفقدان بشكل رئيسي إلى انتشار الإشارة عبر مسارها الطويل، وتتحدد كمية الضياع بالعلاقة:

$$\text{path loss} = 20 \text{ Log } 4 \pi S Ff$$

S تقدر بالكيلو متر، Ff هي تردد الإشارة بالهرتز، أما S فتعبر عن مدى الانحدار وتعطى بالكيلو متر وتحسب بالعلاقة:

$$S=[(R^2+(R+h)^2-2R(+h)\cos\varphi \ \cos\Delta]^{1\ 2}$$

R: نصف قطر الأرض وتساوي 6.367 كيلو متلا، h: ارتفاع التابع الصنعي عن مركز الأرض ويساوي 35.803 كيلومتر، φ: تعني خط العرض لموقع الاستقبال، Δ: هي الفرق المطلق بين الموقع وخط الطول للتابع الصنعي، بتعويض R و h في العلاقة السابقة نجد:

$$S=1000[58.32-53.69 \cos\varphi \ \cos\Delta]^{1/2}$$

ولدى تعويض قيمة S في معادلة الفقدان ينتج

$$\text{path loss} = 185.05 + 10 \log [1 - 0295 \cos\varphi \cos\Delta] + 20 \log f$$

f تقدر بالجيغا هرتز، وعند 12 جيغا هرتز، يكون الضياع 205.11 dB وذلك في محطة استقبال أرضية واقعة على خط الاستواء وتحت التابع الصنعي مباشرة.

تبين العلاقة أيضاً بأن الفقدان لإشارة في الحزمة Ku واردة من تابع صنعي وتصل إلى محطة أرضية في موقع 10 درجات خط طول و40 درجة خط عرض يساوي 205.54 dB وذلك لدى عبور الإشارة للفضاء.

إن الامتصاص في الطبقات الجوية يسبب فقداياً إضافياً. وهو يزداد مع مقدار الميلان لأن الإشارة عليها أن تخترق طبقات أسمك من الغلاف الجوي، ينبغي التنويه إلى أن الاختلاف من يوم صحو إلى ماطر أو كثير الغيوم يؤثر على انتقال الإشارة خصوصاً في الحزمة Ku، ويضاف عموماً 0.5 dB في حساب الفقدان نتيجة الامتصاص في أيام الصحو.

G/Tsys هي نسبة ربح الهوائي إلى حرارة الضجيج للنظام وتسمى figure of merit لمجموعة /الهوائي/مغذي/كتلة LNB، ويعبر عنها بالديسيبل كما يلي:

$$G - 10 \text{ Log } T_{sys}$$

تتعلق حرارة الضجيج للنظام أساساً بحرارة الضجيج لكل من الهوائي وكتلة LNB، ومع ذلك، فإن العناصر الأخرى تساهم بإضافة مقدار صغير من الضجيج، ويعطى كل ذلك بالعلاقة:

$$T_{sys} = T_{ant/feed} + T_{LNB}/G_{feed} + \frac{T_{rec/\cos J}}{G_{LNB} + G_{feed}}$$

حيث G تشير إلى الربح، وربح المغذي هو بحدود 0.99، في حين يكون ربح كتلة LNB بحدود 50dB، أي 100.0000، وهذه العلاقة تبين بوضوح لماذا يكون الضجيج للمستقبل والناقل المحوري مهملاً، إذ أن كتلة LNB تقوم بتكبير كل من الإشارة والضجيج إلى مرتبة بحيث يكون أي ضجيج لاحق قليل الأهمية.

إن الحد قبل الأخير في معادلة الاتصال يتعلق بعرض حزمة التمرير للنظام، أما الحد الأخير فهو ثابت ويدعى بثابت Boltzman.

ربح الهوائي

إن ربح الهوائي الذي يشع في جميع الاتجاهات isotropic يعطى بالعلاقة: $G = E (\pi D/\lambda)^2$

E: هي مردود الهوائي، D: قطر القرص، λ: طول الموجة، ويمكن حسابها مقدرةً بالسنتيمترات من حاصل قسمة 30 على التردد مقدراً بالجيغا هرتز، فمثلاً طول الموجة لتردد 12 جيغا هرتز يساوي 2.5 سنتيمتر أو أقل قليلاً من بوصة واحدة.

إن ربح هوائي، قطره 2 متراً ويعمل بمردود 55 % وبتردد 12 جيغا هرتز يساوي:

$$G = 0.55 (3.14 \times 200/2.5)^2$$

$$= 34.706$$

وبتحويله إلى ديسيبل:

$$G = 10 \text{ Log } 34.706 = 45.4 \text{ dB}$$

تعرجات سطح الهوائي وتأثيره على الربح

إن انخفاض الربح نسبة لهوائي مثالي بدون تعرجات يعطى بالعلاقة:

الفقدان = $e^{-8.80(RMS)/\lambda}$ حيث:

RMS: هو الجذر التربيعي لمتوسط الانحراف عن القيمة المثالية للشكل الهندسي، λ: طول الموجة للإشارة الواردة. إن RMS تدل على نعومة السطح أو متوسط الدقة لقرص الهوائي.

فمثلاً، إن هوائي يعمل في الحزمة Ku بتردد 12 جيغاهرتز أي بطول موجة تساوي 2.5Cm ويتميز بدقة RMS تعادل 0.15Cm يعاني من فقدان في عامل الربح مقارنة بهوائي مثالي:

الفقدان في الربح = $e^{-8.80 \times 0.15/2.50} = 0.59 = e^{-0.53}$

أو انخفاضاً يساوي 41%. وهذا يكافئ فقداناً في الربح:

الفقدان بالديسيبل = 10 log 0.59 = -2.3dB

عرض حزمة الهوائي

توجد علاقة تقريبية، ولكنها مفيدة جداً في حساب عرض حزمة الإشعاع عند مستوى 3dB:

عرض حزمة الإشعاع = 70 λ/D

حيث λ: طول الموجة و D قطر الهوائي. فمثلاً من أجل هوائي قطره 2 متر تكون حزمة الإشعاع = 70 × 2.5/200 = 0.88° درجة

كذلك من أجل هوائي بقطر 1متر، يصبح عرض الحزمة 1.75 درجة.

حرارة ورقم الضجيج

يتناسب الضجيج الذي يتولد عن نظام ما مع درجة حرارته وعرض الحزمة للإشارة المعالجة، وكلما ازداد أحدهما ازداد الضجيج المرتبط به.

الضجيج = KTB

حيث K: هو ثابت Boltzman، T: الحرارة المحيطية، B: عرض حزمة النظام.

يعرف عامل الضجيج بأنه نسبة الضجيج عند خرج عنصر إلكتروني إلى الضجيج عند دخله. هذه الكمية من الضجيج تفيد أساساً في حساب الضجيج المتولد داخلياً. إن العنصر المثالي الذي لا تضيف دارته الإلكترونية أي ضجيج يكون له عامل ضجيج يساوي الواحد.

رقم الضجيج = (ضجيج مثالي + ضجيج داخلي) ÷ ضجيج مثالي

$$= (KBT_{ideal} + KBT_{Eq}) / KBT_{ideal}$$

$$= (T_{ideal}+T_{Eq})/T_{ideal}$$

$$= 1 + T_{Eq}/T_{ideal}$$

$$= 1 + T_{Eq}/290$$

T_{Eq}: تعبر عن حرارة الضجيج المكافئة. في حين T_{ideal}: حرارة الضجيج المرجعية وتساوي 290° K، وهي تكافئ حرارة الغرفة الوسطية والتي تعادل 63°F تقريباً.

إن رقم الضجيج يعطى بالديسيبل وهو تعبير آخر لعامل الضجيج.

رقم الضجيج = 10 log (عامل الضجيج)

فمثلاً، إذا كان رقم الضجيج 1.9dB، تكون حرارة الضجيج المكافئة:

$$1.9 = 10 \log (1+T_{Eq}/290)$$

$$10^{0.19} = 1 + T_{Eq}/290$$

$$1.55 = 1+ T_{Eq}/290$$

$$0.55 = T_{eq}/290$$

NOISE FIGURE &TEMPERATURE

Noise Figure (dB)	Noise Temperature (°K)	Noise Figure (dB)	Noise Temperature (°K)
2.0	170	0.9	67
1.9	159	0.8	59
1.8	149	0.7	51
1.7	139	0.6	43
1.6	129	0.5	35
1.5	120	0.4	28
1.4	110	0.3	21
1.3	101	0.2	14
1.2	92	0.1	7
1.1	84	0	0
1.0	75		

تأثير عرض الحزمة على استطاعة ضجيج النظام

إن استطاعة الضجيج* لأي نظام اتصال تُعطى بالعلاقة:

استطاعة ضجيج النظام = $K T_{sys} B$

T_{sys}: هي حرارة ضجيج النظام مقدرة بدرجات كيلفن وهي محددة أساساً بضجيج الهوائي وكتلة LNB، K: هو ثابت Boltzman ويساوي 1.38×10^{-23}، B: هي عرض حزمة التمرير للنظام.

إن التغير في استطاعة الضجيج بين نظامين يمكن حسابها كما يلي:

التغيير في استطاعة الضجيج = $\frac{KT_1B_1}{KT_2B_2}$

$= \frac{T_1B_1}{T_2B_2}$

لذلك، إذا كانت حرارة الضجيج ثابتة، فإن التغير في استطاعة الضجيج هي النسبة بين حزمتي التمرير، فمتى كانت حزمة التمرير 18 ميغا هرتز بدلاً من 36 ميغا هرتز، كما هو الحال في الإرسال النصفي، ينقص الضجيج حينئذٍ إلى مستوى 50% أو 3 ديسيبل، إن مضاعفة نسبة الإشارة إلى الضجيج تجعل أحياناً الصورة أكثر وضوحاً، ولكن خفض حزمة التمرير يؤدي أيضاً إلى تشويش وتجزيز الصورة ذات التغيرات السريعة.

زاوية الميل Declination angle

يمكن إيجاد زاوية الميل من الأشكال والجداول السابقة، كذلك يمكن حسابها من العلاقة:

الميل = $\mathrm{Tan}^{-1}\frac{3964\sin L}{22300+3964(1-\cos L)}$

حيث: L هي موقع خط العرض، وإن العددين في هذه العلاقة هما نصف قطر الأرض والبعد بين سطح الأرض وقوس التابع الصنعي. فمثلاً، تكون زاوية الميل عند خط عرض 40:

الميل = $\mathrm{Tan}^{-1}\frac{3964\sin 40}{22300+3964(1-\cos 40)}$

$= \mathrm{Tan}^{-1}\,0.11$

= 6.26 درجة

زوايا السمت والارتفاع Azimuth & Elevation

يمكن حساب زوايا وضعية الهوائي بالدرجات نسبة إلى الشمال الجغرافي من العلاقات التالية:

زاوية السمت = $\mathrm{Cos}^{-1}\,[-\tan\varphi/\tan y]$

زاوية الارتفاع = $\tan^{-1}\,[(\cos y - 0.15116)/\sin y]$

$y = \cos^{-1}\,[\cos\varphi \cos\Delta]$

حيث Δ هي القيمة المطلقة للفرق بين خط الطول لموقع التابع الصنعي وخط الطول لموقع الاستقبال وφ هي خط العرض لمكان وجود المستقبل.

نسبة الأمواج المستقرة للجهد VSWR

تحدد هذه النسبة الكمية من إشارة الدخل المرتدة والمفقودة، وإن العنصر المثالي هو عديم الفقدان والذي يتمتع بنسبة أمواج مستقرة VSWR تساوي 1:1، والجدول التالي يبين العلاقة بين استطاعة الإشارة المرتدة، الضياع مع VSWR.

VSWR & REFLECTED SIGNAL LOSS

VSWR	% Loss	dB Loss
1.0:1	0	0
1.1:1	0.2	0.01
1.2:1	0.9	0.03
1.3:1	1.6	0.07
1.5:1	4.0	0.18
2.0:1	11.0	0.50

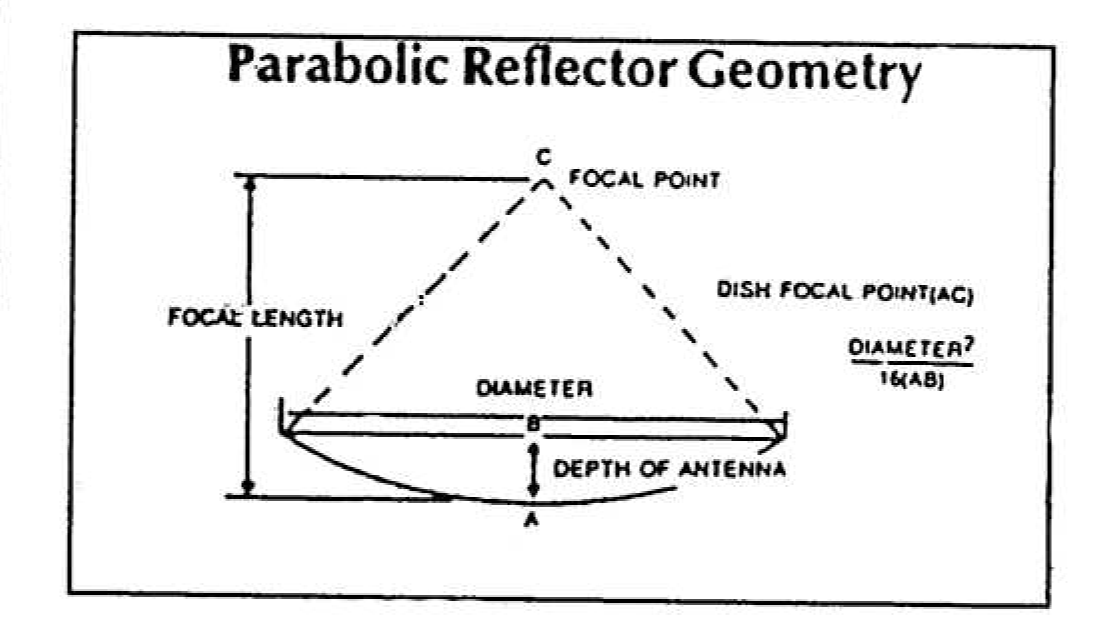
الأبعاد الهندسية لهوائي قطع مكافئ

إن المعادلة الأساسية لعاكس على شكل قطع مكافئ هي:

$$y = x^2/4f$$

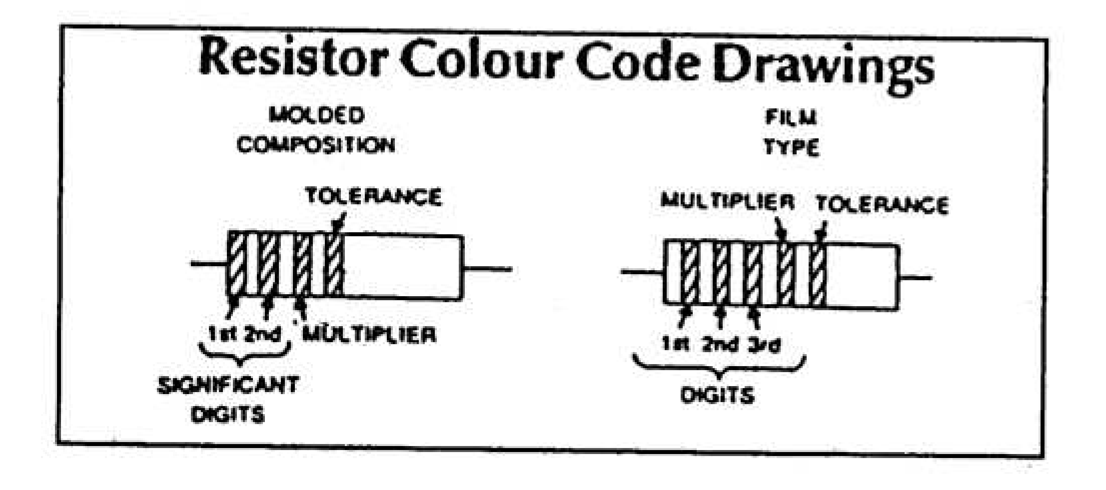
حيث f هي البعد المحرقي، وهناك علاقة أخرى مفيدة تعطي البعد المحرقي بدلالة قطر الهوائي وعمقه يؤخذ بالعلاقة:

$$f = D^2/16 \times \text{العمق}$$



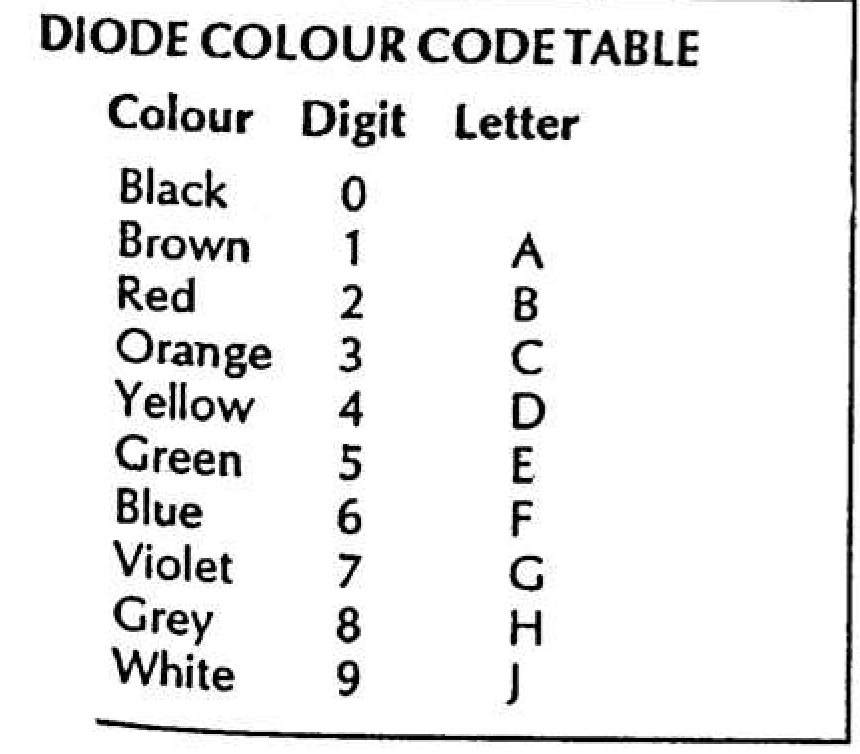
UNIT CONVERSION TABLE

1 metre	=	39.37 inches
1 centimetre	=	0.3937 inches
1 centimetre	=	10^4 microns
1 kilometre	=	0.62137 miles
1 inch	=	2.54 centimetres
1 mile	=	1.6093 kilometres
^oK	=	$^oC + 273$
^oC	=	$5(^oF - 32)/9$
^oF	=	$9/5\,^oC + 32$
π	=	3.1416
1 picofarad (pF)	=	0.001 nF
1 nanofarad (nF)	=	1,000 pF
1,000 pF	=	0.001 µF



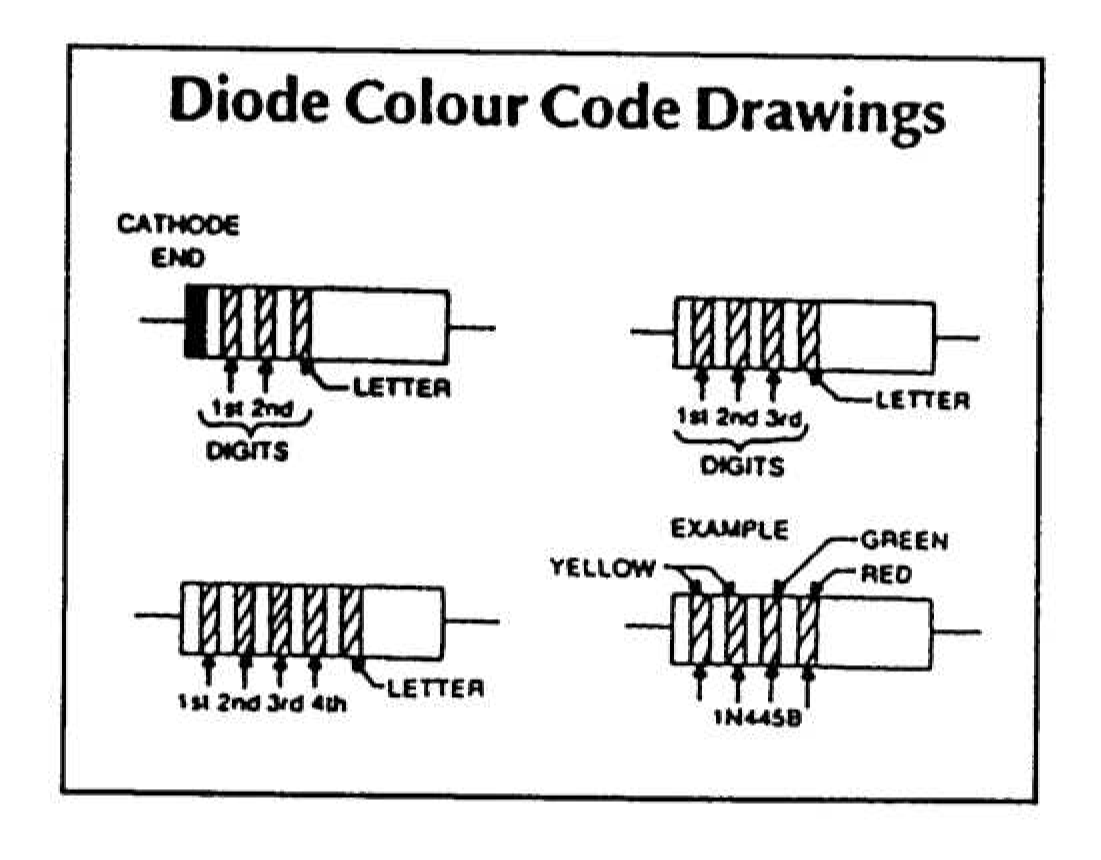
RESISTOR COLOR CODE TABLE

Colour	Digit	Multiplier	Tolerance
Black	0	1	20%
Brown	1	10	1%
Red	2	100	2%
Orange	3	1,000	
Yellow	4	10,000	
Green	5	100,000	0.5%
Blue	6	1,000,000	0.25%
Violet	7	10,000,000	0.1%
Grey	8		0.05%
White	9		
Silver		0.01	10%
Gold		0.1	5%



DIODE COLOUR CODE TABLE

Colour	Digit	Letter
Black	0	
Brown	1	A
Red	2	B
Orange	3	C
Yellow	4	D
Green	5	E
Blue	6	F
Violet	7	G
Grey	8	H
White	9	J





الملحق C

اختصارات متداولة في تلفزيون التوابع الصنعية

هنـاك العديـد مـن الاختصـارات المسـتخدمة في صناعـة التوابـع الصنعية المنزلية. العديد منها ورد في مكان ما من هذا الكتـاب، وفيما يلي قائمة مبوّبة بأهم المصطلحات:

Actuator

المحرك الذي يدور لتعديل موضع حامل الهوائي بحيث تمسـح الحزمـة الرئيسية جزءاً من قوس المسار المرئي من موقع الاستقبال.

ADPCM (adaptive differential pulse code modulation)

تعديل الترميز النبضي التفاضلي المتلائم

ADTV (advanced-definition television)

تلفزيون عالي التعريف

AFC (automatic frequency control)

تحكم آلي بالتردد

AM (amplitude modulation)

تعديل مطالي

APS (antenna positioning system)

نظام ضبط موقع الهوائي

ASCII (American standard code for information exchange)

لغة ترميز أمريكية لتبادل المعلومات

ATSC (advanced television standard committee)

جمعية مقاييس التلفزيون المتطور (أمريكا)

AWG -(American wire gauge)

مقياس الأسلاك الأمريكي

BDC (block downconversion)

كتلة خفض التردد

BER (bite error rate)

معدل خطأ الخانة

BSS. (broadcast satellite service)

خدمة البث عبر الأقمار الاصطناعية

C/N (carrier to noise ratio)

نسبة الحامل إلى الضجيج

CCITT

الجمعية الاستشارية العالمية للراديو

CCW (counter-clockwise)

عكس دوران عقارب الساعة

CIF (common image format)

إطار الصورة الموحدة

CMOS (complementary metal oxide)

نصف ناقل-أوكسيد معدن متتام (متعاكس القطبية)

CRT (cathode ray tube)

أنبوب الأشعة المهبطية

CW (clockwise)

دوران مع عقارب الساعة

dB (decibel)

ديسيبل

dBm (dB milliwatt)

ديسيبل ميلي وات

DBS (direct-broadcast system)

نظام بث مباشر

dc (direct current)

تيار مستمر

DC (down converter)

خافض مبدِّل

DCT (discrete cosine transform)

تابع تحويل التجب المتقطع

DPCM (differential pulse code mo

تعديل الترميز النبضي التفاضلي

DRO (dielectric resonant oscillator)

مذبذب طنين بالعازل

DTH (direct to home)

الإرسال المباشر إلى المنازل

DTV (digital television)

التلفزيون الرقمي

DVB (digital video broadcast)

البث الفيديوي الرقمي

Eb/No (energy bit to noise density ratio)

نسبة طاقة الخانة إلى الضجيج

ECL (emitter coupled logic)

منطق الربط الباعثي

ECM (electronic countermeasure)

أنظمة الدفاع أو المعاكسة الإلكترونية

EIRP (effective isotropic radiated power)

الاستطاعة المشعة الفعالة المتجانسة

EIRP (effective isotropic radiated power)

استطاعة فعالة منتشرة في جميع الاتجاهات

EPG (electronic program guide)

دليل برمجي إلكتروني

F/D (focal distance to diameter ratio)

نسبة البعد المحرقي إلى القطر

FCC (federal communications commission)

الهيئة الاتحادية للاتصالات

FEC (forward error correction)

تصحيح الأخطاء المباشر

FM (frequency modulation)

تعديل ترددي

FSS (fixed satellite service)

خدمة الأقمار الاصطناعية الثابتة

GHz (gigahertz)

جيغا هرتز

GOP (group of pictures)

مجموعة الصور

HBI (horizontal blanding interval)

فترة الإطفاء الأفقي

HD-CIF (high definition common inerface format)

الإطار البيني المشترك عالي التعريف

HDTV (high definition television)

التلفزيون عالي التعريف

(high electron mobility transistor)

ترانزستور الإلكترونات سريعة الانتقال

HPF (high pass filter)

مرشح تمرير عالي

IC (integrated circuit)

دارة متكاملة

IF (intermediate frequency)

تردد متوسط

IRD (integrated receiver/decoder)

مستقبل/مرمز متكامل

ISDN (integrated services digital networks)

شبكة الخدمات الرقمية المتكاملة

ISO (international standards organization)

منظمة المعايير الدولية

ITU (international telecommunication union)

الاتحاد العالمي للاتصالات

Kb/S

ألف خانة بالثانية

Kelvin (K) (unit of measurement for thermal noise)

درجات كلفن للحرارة

KHz (kilohertz)

كيلو هرتز

LED (light emitting diode)

ديود مرسل للضوء

LHCP (left hand circular polarity)

قطبية دائرية يسارية

LNA (low noise amplifier)

مكبر ذو ضجيج منخفض

LNB (low noise blockconverter)

خافض كتلي منخفض الضجيج

LNC (low noise converter)

قالب تردد منخفض الضجيج

LO (local oscillator)

هزازمحلي

LPF (low pass filter)

مرشح تمرير منخفض

LSD (least significant decimal)

الرقم العشري الأقل وزناً (أو الأقل أهمية)

Mb/S

مليون خانة بالثانية

MCPC (multiple channel per carrier)

تعدد الأقنية على الحامل

MDU (multiple dwelling unit)

وحدة متعددة المآخذ

MHz (megahertz)

ميغا هرتز

MPEG (motion pictures experts group)

مجموعة خبراء الصور المتحركة

MSD (most significant decimal)

الرقم العشري الأعلى وزناً (الأكثر أهميةً)

NTSC (National Television Standards Committee)

اللجنة الوطنية لمقاييس التلفزيون

OSI (open systems interconnection)

وصلات الأنظمة المفتوحة

PAL (phase alternating line)

نظام تناوب الطور لخطوط الإرسال التلفزيون

PCM (pulse code modulation)

تعديل مُرمّز نبضي

PES (packetized elementary stream)

سيل المجموعات الصغيرة الأساسية

PID

رمز تعريف الصورة

PLL (phase lock loop)

حلقة قفل الطور

PRBS (pseudorandom binary sequence)

تتابع الخانات شبه العشوائي

PSD (polarization selection device)

عنصر اختيار القطبية

QAM (quardrature amplitude modulation)
تعديل مطالي ترابعي

QPSK (quadrature phase shift keying)
تعديل إزاحة الطور المفتاحي التربيعي

RF (radio frequency)
تردد راديوي

RHCP (right hand circular polarity)
قطبية دائرية يمينية

RTV (room temperature vulcanizing)
التصليد بحرارة المحيط

SCPC (single channel per carrier)
قنال واحدة مع كل حامل

SECAM (sequence a memory)
نظام إرسال بالتتابع مع ذاكرة

SID (sound identification number)
رمز تعريف الصوت

SMATV (satellite master antenna TV system)
نظام تلفزيوني للأقمار الاصطناعية بهوائي رئيسي

SNR (signal to noise ratio)
نسبة الإشارة إلى الضجيج

TI (terrestrial interference)
تداخل أرضي

TTL (transistor transistor logic)
منطق ترانزستور ترانزستور

TVRO (television receive only)
استقبال تلفزيوني فقط

UHF (ultra high frequency)
تردد فوق العال

UUT (unit under test)
قطعة تحت الاختبار

VBI (vertical blanking interval)
فترة الإطفاء العمودي

VCO (voltage controlled oscillator)
مذبذب متحكم به بالجهد

VCR (video cassette recoder)
مسجل فيديو

Vdc (voltage direct current)
جهد مستمر

VHF (very high frequency)
تردد عالي جداً

VLC (variable-length coding)
ترميز متغيِّر الطول

VTO (voltage tuned oscillator)
مذبذب مضبوط بالجهد



الملحق D

معجم المصطلحات للإرسال التلفزيوني عبر الأقمار الاصطناعية

AFC (Automatic Frequency Control)

التحكم الآلي بالتردد: دارة تقـوم بقفـل عنصـر إلكـتروني علـى تردد معين.

AGC (Automatic Gain Control)

التحكم الآلي بالربح: دارة تستخدم التغذية العكسية للمحافظة على مستوى ثابت لخرج دارة إلكترونية.

Absolute Zero

الصفر المطلق : هي درجة الحرارة التي تتوقف عندها حركة الجزيئات لأنها تشكل أقصى درجات التبريد ويعبر عنها بدرجات كلفن عندما تقاس بالصفر المطلق. ودرجة صفر كلفن تساوي 273,6 C (مئوية) أو 459.69 F° (فهرنهايت).

Actuator

المحرك الذي يدور لتعديل موضع حامل الهوائي بحيث تمسح الحزمة الرئيسية جزءاً من قوس المسار المرئي من موقع الاستقبال

Adjacent Channel

القنال المجاورة: هي القنال التي تلي مباشرة قنال أخرى في التردد فمثلاً، الأقنية 5 و6 وأيضاً 7 و8 من NTSC هـي أقنيـة متجاورة، أما الأقنية 4 و5 أو 6 و 7 فتفصل بينها إشارة غير تلفزيونية.

ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation)

تقنية ضغط لترميز الإشارة المتوقعة بـدلاً عـن الإشـارة الأصليـة. وهذا يحسن من مردود عملية الضغط من خلال إرسال الفرق البسيط بين العينة التالية والعينة الحالية، وذلك يقلل من عدد الخانات اللازمة للترميز.

ADTV (Advanced - Definition Television)

إشارة تلفزيونيـه ذات دقـة تفـوق بكثير دقـة أنظمـة التلفزيـون التقليدية.

Agile

مستقبل: هو مستقبل توابع صنعية يمكـن توليفـه علـى تـردد أي قنال مرغوب بها.

Algorithm

عمليات رياضية، تستخدم أنظمة الضغط والتشفير لترميز إشارات الفيديو والصوت والمعطيات.

Alignment

ضبط: هـي عمليـة التوليـف الدقيـق لقـرص الهوائـي أو الـدارة الإلكترونية للحصول على أفضل أداء، واستقبال جيد للإشارة.

Ambient temperatrue

حرارة المحيط: هي حرارة الجو الجاف.

Amplifier

المكبر: عنصر يستخدم لزيادة استطاعة الإشارة.

Analog

التشابهي: نظام تتغير فيه الإشارات بصورة مستمرة على عكس النظام الرقمي حيث تتغير خطوة خطوة .

(Analog - to - Digital converter)

محول تشابهي ـ رقمي: هو دارة تقوم بتحويل الإشارات التشابهية إلى شكل مكافئ رقمي. حيث يتم أخذ عينات من الإشارة التشابهية المتغيرة في فترات زمنية محددة، ويتحول الجهد عند كل نقطة إلى سلسلة من الأرقام تمثل العينة. وكلما كان تردد أخذ العينات كبيراً، كلما كان تمثيل الإشارة أفضل.

Antenna

الهوائي: هو العنصر الذي يلتقط (و يرسل) ويركز الطاقة الكهرومغناطيسية في المحرق كذلك يساهم في ربح الطاقة. في حالة هوائي التوابع الصنعية، يتناسب الربح مع سطح قرص الهوائي.

Antenna Efficient

مردود الهوائي: هي النسبة المئوية للإشارة الواردة إلى التابع الصنعي والتي يلتقطها الهوائي فعلياً.

Aperture

فتحة الهوائي: سطح الالتقاط لهوائي له شكل قطع مكافئ.

Arc Zenith

أعلى نقطة في قوس مسار التابع الصنعي تقع على خط شمال جنوب ويمر بموقع الاستقبال.

Artifacts

عدم وضوح رؤية الإشارة الفيديوية بسبب محدودية نظام الإرسال

ASCII

لغة ترميز أمريكية لتبادل المعلومات

Aspect Ratio

نسبة العرض إلى الطول: هي نسبة عرض شاشة التلفزيونية إلى ارتفاعها.

ATM (Asynchronous Transfer Mode)

نمط إرسال غير متزامن: إرسال مُتقطع للمعطيات ضمن خلايا صغيرة ذات طول ثابت بالتقسيم الزمني. ويتم المطابقة عند كل عقدة فتح وإغلاق.

ATSC (Advanced Television Standards Comittee)

جمعية تقييس التلفزيون المتطور (أمريكية)

Attenuation

التخميد: هو انخفاض استطاعة الإشارة الذي يحصل لدى مرورها للوصول إلى نقطة محددة ويسمى أيضاً الفقدان بالمرور path loss.

Attenuator

المخمد: هو عنصر غير فعال يقلل من استطاعة الإشارة وتصنف المخمدات حسب كمية التخميد.

Audio subcarrier

الحامل الثانوي للصوت: هو حامل الموجه التي تنقل معلومات الصوت ضمن إرسال إشارة الفيديو، ويمكن نقل أكثر من حامل للصوت ضمن المجال الترددي من 5 إلى 8.5 ميغا هرتز.

Automatic Brightness control

التحكم الآلي بالإضاءة: هي دارة تلفزيونية تستخدم للضبط الآلي لإضاءة الشاشة كاستجابة لتغيرات في الإضاءة.

Automatic Fine Tuning

الضبط الآلي الدقيق: دارة تحافظ آلياً على التردد الصحيح للمذبذب وتعوض الإزاحة القليلة في التوليف، وهي تشبه (AFC).

AFC (Automatic Frequency Control)

التحكم الآلي في التردد: هي دارة تقفل على التردد المنتخب، ولا تسمح بالابتعاد عنه.

AGC (Automatic Gain Control)

التحكم الآلي بالربح: هي دارة تقوم بتثبيت الربح عند قيمة محددة، وبذلك تعوض تغيرات إشارة الدخل بحيث يبقى الخرج ثابتاً.

Azimuth - Elevation (AZ - EL) Mount

زاوية الدوران والارتفاع: وضع الهوائي بحيث يلاحق التوابع الصنعية بحركة في اتجاهين. الدوران في المستوى الأفقي والارتفاع في المستوي العمودي.

Azimuth

السمت: هو الدوران مقدراً بالدرجات وباتجاه عقارب الساعة انطلاقاً من الشمال.

Back match

ملاءمة الممانعة: ملاءمة قيم المقاومة عند الدخل والخرج للعنصر الإلكتروني للتقليل من الإشارة المرتدة ويعرف أيضاً بالملائمة matching.

Back porch

هو الجزء من نبضة الإطفاء الأفقي التي تتبع نهاية نبضة التزامن الأفقي.

Band

الحزمة: هي مجال من الترددات.

Band separator

فاصل الحزمة: هو العنصر الذي يقوم بقسمة مجموعة معينة من الترددات إلى حزمتين أو أكثر. ويتكون أساساً من مرشحات الفواصل UHF/VHF، Hi/LO وFM.

BPF (Band pass Filler)

مرشح تمرير حزمة: هي دارة أو عنصر يسمح بمرور مجال معين من الترددات من الدخل إلى الخرج.

Band width

عرض حزمة التمرير: هو المجال الترددي المخصص لدارة اتصالات.

Baseband

الإشارة الأصلية: هي الإشارة قبل التعديل والإرسال حيث أن معظم تجهيزات مراكز التحكم للتوابع الصنعية تستخدم الإشارة الأصلية كإشارة دخل، وبدقة أكثر الإشارة المركبة غير المحددة وغير المرشحة لخرج المستقبل وتحتوي هذه الإشارة على الصوت المعدّل ترددياً والحوامل الثانوية للمعطيات.

Beam Width

عرض حزمة الإشعاع: تستخدم لوصف عرض الرؤية للهوائي، وتقاس بالدرجات بين نقاط نصف الاستطاعة (3 dB)

Bird

الطائر: اسم لتابع صنعي للاتصالات.

B frame

إطار فيديو ثنائي الاتجاه في نظام الضغط MMPEG-2 له إمكانية استخدام الحركة المتوقعة من الإطارات المرجعية I و P السابقة واللاحقة.

BER. (bit error rate)

معدل خطأ الخانة

Blanking pulse level

مستوى نبضة الإطفاء: مستوى مرجعي لإشارات الفيديو.

Blanking Signal

إشارة الإطفاء: تستخدم هذه النبضات لإلغاء الإضاءة أثناء فترات المسح الأفقي والشاقولي.

Block Coding

نظام ترميز رقمي حيث يرى المرمز فقط الخانات المحتواة في كل كتلة معطيات

BDC (Block Down Conversion)

خفض التردد الكتلي: إن عملية خفض كامل المجال الترددي في خطوة واحدة إلى مجال ترددي متوسط يتم داخل المستقبل، وإن مضاعفة عدد كتل خفض التردد تمكن من اختيار الأقنية بصورة مستقلة لأن كل منها يمكن أن تعالج مجموعة من الإشارات.

BNC/connector

وصلة BNC: هي وصلة قياسية على تجهيزات الفيديو التجارية وبعض مستقبلات التوابع الصنعية.

Boresight

محور الرؤية: هو اتجاه المحور الرئيسي لهوائي الإرسال أو الاستقبال.

Bouquet

مجموعة من الأقنية المضغوطة رقمياً

Broad band

الحزمة العريضة: عنصر لمعالجة إشارة أو إشارات تتوزع على مجال عريض من ترددات الدخل.

Buttonhook Feed

حامل المغذي: ذراع له شكل إشارة استفهام يحمل المغذي وكتلة LNA، وهو غالباً ما يكون دليل موجة فارغ يسوق الإشارة من المغذي إلى كتلة LNA خلف الهوائي.

CATV (Community Antenna television)

جمعية: تسمية أخرى للتلفزيون عبر الناقل (cable TV).

CCD (charge coupled Device)

هو عنصر، يتم فيه تخزين الشحنة في مكثف مشكل داخل الدارة المتكاملة، يمكنه تخزين عدداً من العينات مع بعض. وهذا العنصر يستخدم في نظام MAC للإرسال من أجل التخزين المؤقت لإشارات الفيديو.

C-Band

الحزمة C: تغطي هذه الحزمة مجموع الترددات من 3.7 وحتى 4.2 ميغا هرتز، ويعمل ضمن هذه الحزمة عدد من التوابع الصنعية

Carrier

الحامل: هو التردد الأساسي المُعَد ليحمل المعلومات. وخلال عملية التعديل ينتشر على طيف أعرض وتردد الحامل هو التردد غير المعدّل لأي قنال تلفزيونية.

CNR (Carrier - to - Noise Ratio)

نسبة الحامل إلى الضجيج: هي نسبة استطاعة الحامل المستقبلة إلى استطاعة الضجيج ضمن حزمة فعلية وتعطى بالديسبل. إن العامل CNR هو مؤشر لجودة الاستقبال لمحطة أرضية في موقع معين. وتحسب من مستويات الاستطاعة المرسلة من التابع الصنعي، ومن ربح الهوائي وأيضاً من حرارة الضجيج المرافقة للهوائي وكتلة LNA

Cassegrain Feed system

نظام تغذية: هو تصميم لتغذية الهوائي يتضمن عاكس أولي هو القرص، وعاكس ثانوي يقوم بتمرير الأمواج الميكروية عبر دليل موجة إلى مكبر منخفض الضجيج LNA.

CCITT

(Committee of the international telecommunication union)

هيئة الاتصالات الدولية المسؤولة عن المواصفات الفنية لأنظمة الهاتف

CIF (Common Image Format)

نظام قياسي عالمي لشكل العينات التي تمثل المعلومات المرئية المحتواة ضمن إطار واحد من التلفزيون الرقمي عالي التعريف ومستقلة تماماً عن معدل الإطارات لإشارة الفيديو. يكون معدل الخانات غير المضغوطة لإرسال 29.97 إطاراً بالثانية هو 36.45 ميغاخانة/ثانية.

Celestial equator

مسقط خط الاستواء على الفضاء

Channel

القنال: حزمة ترددية مخصصة لوصلة اتصالات كاملة.

Chrominance

اللونية: هي إشارة تدرج وإشباع اللون، وهي معدّلة على حامل 4.43 ميغا هرتز في نظام PAL و3.58 ميغا هرتز في نظام NTSC للإرسال التلفزيوني.

Chrominance Signal

إشارة اللونية: هي مركبة اللون في إشارة الفيديو المركبة للمحطة الأرضية وهي مؤلفة من أجزاء I و Q (NTSC) أو U (PAL)V. إن زاوية الطور للإشارة تمثل تدرج اللون والمطال يمثل إشباع اللون.

Circular polarity

الاستقطاب الدائري: هي أمواج كهرطسية يدور فيها الحقل بشكل متجانس أثناء مسار الإشارة. ويستخدم هذا النمط من الإرسال عبر التابع intelsat وتوابع أخرى وذلك بدلاً من الاستقطاب الأفقي أو العمودي الشائعين في

أمريكا الشمالية وأوربا. ويتميز بعدم تأثير دوران Faraday على خصائص الإرسال

Clamp Circuit

دارة *التحديد*: هي الدارة التي تزيل التبعثر من الإشارة في الوصلة الهابطة.

Clarke

حزام: هو الحزام الدائري الذي يقع على ارتفاع 22.247 ميلاً فوق خط الأستواء. وسمي كذلك نسبة إلى الكاتب Arthur C.Clarke. ويسمى أيضاً بالمدار الأرضي المستقر geostationary. حيث تكون سرعة التابع الصنعي مساوية لحركة دوران الأرض.

Colour Bars

خطوط الألوان: هي شكل اختباري لخطوط شاقولية ملونة تستخدم كمرجع لفحص أداء الألوان في الإرسال التلفزيوني.

Coaxial Cable

خط النقل *المحوري*: هو خط نقل إشارة كهربائية بتردد عالي مع قليل من الفقدان. وهو مؤلف من ناقل داخلي محاط بمادة عازلة تحميها شبكة تحجيب معدنية. إن ممانعة خط النقل المحوري هو حاصل ضرب قطر الناقل المركزي، وقطر التحجيب وأيضاً ثابت العازلية، وهي تساوي 75 أوم في نظام نقل التلفزيون الفضائي بالهوائي المشترك.

Coded Order

الترتيب الذي تختزن به إطارات الفيديو في المرمز، وليس بالضرورة ترتيب الإظهار.

Colocation

موقع أكثر من تابع صنعي على مدار مستقر واحد فوق خط الاستواء.

Color Sync Burst

نبضات اللون: هي مجموعة مؤلفة من 8 إلى 11 نبضة بتردد 4.43361875 ميغا هرتز في نظام (PAL) أو 3.574545 في نظام NTSC للحامل الثانوي للون. هذه النبضات تتوضع على الجزء الخلفي من كل نبضة إطفاء أفقي أثناء إرسال اللون وتستخدم لتحقيق التزامن بين مذبذب الحامل الثانوي للون مع المرسل، وذلك لإعادة تشكيل إشارات اللون الأصلية.

Composite Baseband Signal

الإشارة الأصلية أو الأساسية المركبة: هي الإشارة الكاملة للصوت والصورة بمعزل عن الموجة الحاملة ومعلومات الصوت تتوزع في المجال الترددي 55 وحتى 10.000 هرتز. كذلك معلومات الفيديو نغطي المجال من صفر وحتى 4.2 ميغا هرتز (NTSC)، ومن صفر وحتى 5.5 ميغا هرتز (PAL).

Composite Video signal

إشارة الفيديو المركبة: إشارة الفيديو الكاملة مؤلفة من معلومات اللون والإضاءة، وكذلك من نبضات التزامن والإطفاء.

Compounding

ضغط الإشارة: هو شكل من خفض الضجيج يكون بضغط الإشارة عند الإرسال وإعادة نشرها في المستقبل والضاغط هو مكبر يزداد ربحه حين تكون استطاعة الإشارة صغيرة، ويكون تأثيره بجعل المجال الديناميكي لهذه المركبات صغيراً ، ويصبح المستوى الوسطي للإشارة المضغوطة أعلى، ومع ذلك فإن الومضات لن يكون لها مستوى يزيد عن ومضات الإشارة غير المضغوطة. يقوم ناشر expander بإلغاء تأثير الضاغط لإعادة تشكيل الإشارة الأساسية.

Compression

إزالة المعلومات غير الضرورية من إشارة الاتصالات لتخفيض عرض الحزمة الضرورية للإرسال. والمعلومات المزالة هي غير أساسية أو يمكن إيجادها في محطة الاستقبال.

Concatenation

استخدام نظامين متتالين للترميز.

CA (Conditional Access)

الوصول الشرطي: معطيات الترخيص التي تسمح للمرمز بالوصول إلى إشارة مشفرة.

Cone

اختصار للقارة الأوربية European Contenent

Contrast

التمايز: هو النسبة بين الأماكن المعتمة والمضاءة من الصورة التلفزيونية.

Convolutional Coding

نظام التفافي: نظام ترميز رقمي يتضمن ذاكرة تسمح للمرمز برؤية المعطيات السابقة والحالية

Cross modulation

تعديل متصالب: هو شكل من التداخل يسببه التعديل بين حامل وإشارة أخرى، ويمكن أن يحدث حين إشباع مكبر أو عدم توازن إشارة عند مركز التحكم.

Cross polarisation

استقطاب متصالب: تعبير لوصف إشارات من قطبيات متعاكسة، ويعني Cross polarisation Discrimination ويدل على إمكانية المغذي التقاط إشارة من قطبية معينة ورفض إشارة من قطبية معاكسة.

Crosstalk

التداخل: هو التداخل بين قناتين متجاورتين، وغالباً ما يكون بسبب التعديل المتصالب، أو التسريب بين سلكين مترافقين أو متوازيين على دارة مطبوعة.

DC Power Block

حاجب التيار المستمر: هو عنصر يقوم بمنع سريان التيار المستمر ويسمح بمرور إشارات التردد المتناوب.

dB

الديسيبل: هو نسبة لوغاريتمية لمستوى الاستطاعة ويستخدم لتقدير الربح أو الفقدان لإشارة. dBw، dBm وdBmV هي اختصارات للديسيبل منسوباً للواط، للميلي وات وللميلي فولت على الترتيب. وصفر dB mV يستخدم كقيمة مرجعية لحسابات الإرسال التلفزيوني.

DCT (Discrete Cosine Transform)

خوارزمية رياضية تستخدم في نظام الضغط MPEG-2 لتحويل الكتل من المجال الفراغي إلى أمثال مكافئة لها في المجال الترددي.

DPCM (Differential Pulse Code Modulation)

تعديل رمزي نبضي تفاضلي: شكل من أشكال الترميز تستخدم فيه الذواكر

DVB-Compliant (Digital Video Broadcast)

ضغط الإرسال الفيديوي الرقمي: نظام ضغط رقمي يتضمن مواصفات MPEG-2. الملائمة للاتصالات في التلفزيون الرقمي.

E_b/N_o (Energy Bit to Noise Density Ratio)

نسبة طاقة الخانة إلى كثافة الضجيج: نسبة تكافئ C/N في الأنظمة التشابهية.

Declination Offset Angle

زاوية الميلان: زاوية الضبط لحامل الهوائي المشكلة بين المحور القطبي ومستوي هوائي التابع الصنعي وتستخدم للتوجيه نحو قوس مدار الاستقرار، يزداد الميل بدءاً من الصفر مع ازدياد خط العرض بعيداً عن خط الاستواء.

Decoder

كاشف *الترميز*: هي دارة لإعادة الإشارة إلى شكلها الأصلي بعد تعميتها.

De-Emphasis

تخفيض القمة: دارة تعمل على خفض الترددات العالية من إشارة معدلّة ترددياً، لإلغاء تأثير رفع القمة pre-emphasis، إذ أنه حين تترافق مع المستوى الصحيح لرفع القمة تؤدي إلى خفض مستويات الضجيج الكلي وبذلك تزداد نسبة الإشارة إلى الضجيج.

Demodulator

كاشف التعديل: هو عنصر يقوم باستخلاص الإشارة الأصلية من حامل الإرسال.

Detent tuning

حابسة التوليف: توليف على قنال لتابع صنعي باختيار مقاومة محددة القيمة مسبقاً.

Digital

رقمي: يصف نظام أو عنصر تتحول فيه المعلومات من تغيرات مستمرة للإشارات التشابهية إلى نبضات كهربائية يعبر عنها بحالة قطع ـ وصل أو جهد عالي منخفض أو 1/0.

Digital-to-analog converter

محوّل رقمي - تشابهي: دارة تقوم بتحويل الإشارات الرقمية إلى الشكل المكافئ التشابهي.

DBS (Direct Broadcast satellete)

الإرسال المباشر عبر التوابع الصنعية: تعبير شائع لوصف الإرسال في الحزمة Ku عبر التوابع الصنعية إلى المنازل مباشرة. مجال حزمة DBS هو من 11.7 وحتى 12.2 جيغا هرتز.

Dish

قرص الهوائي: هوائي للأمواج الميكروية على شكل قطع مكافئ.

Distribution system

نظام التوزيع: نظام اتصال مؤلف من وصلات ميكروية ضمن مجال خط النظر، والتي تحمل الإشارات من الأبراج إلى المنازل.

Domsat(domestic satellite)

نظام الاتصالات الفضائي المنزلي: اختصار للاتصالات لأغراض منزلية عبر التوابع الصنعية.

Downconverter

خافض التردد: هي دارة تقوم بخفض التردد العالي للإشارة إلى مجال ترددي متوسط. وهناك ثلاثة أنواع مستخدمة في مستقبلات التوابع الصنعية هي التحويل الأحادي، والتحويل الثنائي، والتحويل الكتلي.

Downlink antenna

هوائي الوصلة الهابطة: هوائي محمول على التابع الصنعي، وظيفته إعادة بث الإشارات باتجاه الأرض.

Drifting

الانحراف: عدم استقرار أحد معاملات دارة إلكترونية مثل الجهد أو التردد.

Dual-band Feed horn

مغذي بوقي لحزمتين: مغذي بوقي يمكنه استقبال حزمتين مختلفتين للتردد، هما الحزمة C والحزمة Ku.

Earth station

المحطة الأرضية: محطة إرسال أو استقبال كاملة، تتضمن الهوائي، وبقية الأجهزة الإلكترونية الضرورية لإرسال أو استقبال الإشارات عبر التوابع الصنعية.

EIRP (Effective isotropic Radiated power)

الاستطاعة الفعالة المشعة في جميع الاتجاهات: هي مقدار قوة الإشارة التي يرسلها تابع صنعي باتجاه الأرض. وهي أعلى ما تكون عند مركز حزمة الإشعاع وتتناقص تدريجياً مع البعد عن مجال الرؤية.

Elevation Angle

زاوية الارتفاع: هي الزاوية العمودية المقاسة من الأفق صعوداً إلى موقع التابع الصنعي.

Encoder

المرمِّز: وحدة في المرسل تقوم بتحويل المعلومات رياضياً بهدف تحسين نوعية الإشارة أو تشفيرها.

Encryption

معالجة رياضية، تستخدم لترميز إشارات الاتصالات بحيث يمكن لمستقبل مرخص له باستقبالها الوصول إلى المعلومات المحتواة فيها.

Energy Dispersal

مبعثر الطاقة: تعديل الحامل في الوصلة الصاعدة بموجة مثلثية. هذه التقنية تعمل على بعثرة طاقة الحامل على حزمة أعرض للتردد بحيث تحد من الطاقة الأعظمية مقارنة بتلك المرسلة من حامل عديم التحديد، إن بعثرة الطيف يقلل من فرصة التداخل مع مستخدمين آخرين لنفس التردد، وتزال الموجة المثلثية بدارة تحديد clamp في مستقبل إشارات التوابع الصنعية.

Equalizing pulses

نبضات التسوية سلسلة من ست نبضات، تحدث قبل وبعد نبضات التزامن الشاقولي لتأمين التشابك الصحيح، إن نبضات التسوية يتم إدخالها بضعف تردد المسح الأفقي.

Extended C-band

المجال أو الحزمة C الموسعة: المجال الترددي من 3.4 وحتى 3.7 جيغاهرتز ومن 4.2 إلى 4.8 جيغاهرتز.

F-connector

الوصلة F: هي وصلة RF قياسية، تستخدم لوصل النواقل المحورية مع العناصر الإلكترونية.

FCC (Fedral Communication Commission)

لجنة: هي الاتصالات الفيدرالية وهي الهيئة المتخصصة بوضع المعايير للاتصالات في الولايات المتحدة.

Ratio f/D

نسبة f/D: نسبة البعد المحرقي إلى القطر في الهوائي، وتسمى بالعمق.

Feehorn

بوق التغذية أو "الإبرة": هو عنصر يجمع الإشارات الميكروية المنعكسة من سطح الهوائي، ويتم تركيبه عند محرق هوائي القطع المكافئ.

Field

الحقل: هو نصف صورة تلفزيونية كاملة أو إطار، مؤلف من 262.5 خط مسح. هناك 60 حقل كل ثانية في التلفزيون العادي و59.94 حقل في التلفزيون الملون (NTSC) و50 حقل كل ثانية في نظام (PAL).

Filter

المرشح: عنصر يستخدم لرفض حزمة ترددية معينة، ويسمح فقط لإشارات بالمرور ضمن حزمة محددة.

Focal length

البعد المحرقي: هو البعد من سطح الانعكاس للقطع المكافئ إلى النقطة التي تتجمع عندها الإشارات الواردة من التابع الصنعي وهي نقطة المحرق.

Footprint

منطقة إشعاع الهوائي: هي المنطقة الجغرافية التي يوجه إليها إشعاع هوائي الوصلة الهابطة، وفيها يتم قياس الاستطاعة الفعالة (EIRP).

Forward Error Correction

تصحيح الأخطاء المباشر: هي تقنية لتحسين دقة نقل المعطيات، حيث يضاف إلى تدفق المعطيات خانات إضافية لتطبيق خوارزميات بتصحيح الأخطاء عند الاستقبال.

Frame

الإطار: صورة تلفزيونية كاملة، مؤلفة من حقلين و525 أو 625 خط مسح في أنظمة إرسال NTSC أو PAL على الترتيب.

Frame Rate

معدل خرج الإطارات أثناء عملية كشف الترميز

Frequency

التردد: عدد الذبذبات بالثانية لإشارة كهربائية أو كهرطيسية ويعبر عنها بدورة في الثانية أو الهرتز.

Front porch

المم الأمامي: الجزء من نبضة الإطفاء الأفقي التي تسبق نبضة التزامن الأفقي.

Gain

الربح: كمية التضخيم من الدخل إلى الخرج يعبر عنها بالديسيبل.

G/T (Gain-to-Noise temperature Ratio)

نسبة الربح إلى حرارة الضجيج: رقم الجدارة لهوائي و LNA كلما كان عامل الضجيج للمضخم LNA والهوائي أفضل، كلما كانت النسبة (G/T) أعلى، كلما تحسن أداء الاستقبال في المحطة الأرضية.

Geostationary Orbit

مدار دائري في مستوى خط الاستواء ويبعد مسافة 22.247 ميل بحيث يحافظ التابع الصنعي على مكان ثابت في الفضاء بالنسبة لمحطات الاستقبال الأرضية.

Geostationary Orbit

المدار المستقر: انظر حزام Clarke

GHz (GigaHertz)

جيغا هرتز: 1000 ميغا هرتز أو مليار دورة بالثانية.

Global beam

حزمة إشعاع: هي منطقة إشعاع للتوابع الصنعية للاتصالات تغطي نحو 40% من سطح الكرة الأرضية والعديد من التوابع الصنعية تستخدم حزمة إشعاع كهذه.

GOP (Group Of Pictures)

سلسلة من إطارات الفيديو تتضمن مشهداً وتتألف من إطارات I، P و B.

Ground Noise

الضجيج الأرضي: هي إشارات ميكروية غير مرغوبة تتولد عن الأرض الحارة ويلتقطها قرص الهوائي.

G/T

رقم الاستحقاق أو الجدارة (figure of merit) لنظام استقبال، ويحسب بطرح حرارة الضجيج للنظام (T) مقدرة بالديسيبل من عامل الربح (G) لهوائي الاستقبال بالديسيبل أيضاً.

Hall Effect Sensor

حساس تأثير هول: هو عنصر نصف ناقل، يتولد على خرجه جهد لدى تطبيق حقل مغناطيسي، في المخدم، يؤدي دوران مغناطيس دائم داخل سلك رفيع إلى توليد تغير في الحقل المغناطيسي ويستفاد من النبضات المشكلة لعد دورات المحرك.

Hardline

خط النقل القاسي: هو ناقل محوري قليل الفقدان له تحجيب بطبقة معدنية كاملة بدلاً عن الشبكة الناقلة التي تحيط بالقطر الخارجي؛ وقد تم استخدام هذا الناقل في بداية عصر النقل التلفزيوني عبر التوابع الصنعية.

Headend

مركز توزيع الإشارات: هي المكان الذي يتم فيه استقبال جميع الإشارات ومعالجتها قبل توزيعها لاحقاً.

Heliax

خط النقل القاسي: تسمية أخرى للناقل Hardline.

Hertz

هرتز: وحدة لقياس التردد، وسميت نسبة إلى العالم الألماني Heinrich Hertz، الذي كان أول من أعطى خواص الأمواج الراديوية.

Huffman Coding

نظام ترميز هوفمان: نظام ترميز لضغط المعلومات، حيث يعطى رمز قصير للحرف شديد التكرار ورمز طويل للحرف قليل التكرار. وهذا يجعل المعلومات المرسلة ممثلة بأدنى حد ممكن من الثمانيات.

IPPV (Impulse Pay-Per-View)

كاشف الترميز (دفع - لكل - مشاهدة): هو شكل متطور من كاشف الترميز يسمح للمشترك بشراء برنامج معمى لمرة واحدة فقط حسب الرغبة، ويتم اختيار البرامج بواسطة مفتاح على كاشف الترميز أو بواسطة جهاز التحكم عن بعد الخاص به.

Illumination

الإشارة المخمدة التي تصل إلى قمع التغذية من حواف العاكس ذو القطع المكافئ taper .

Inclinometer

مقياس زاوية الميل: أداة تستخدم لقياس زاوية ارتفاع تابع صنعي عن سطح الأرض.

Interference

التداخل: إشارة غير مرغوب بها يلتقطها مستقبل تلفزيوني للتوابع الصنعية تؤدي إلى تشويه إشارة الفيديو و/أو الصوت.

Insertion Loss

الفقدان: هي كمية القدرة المفقودة للإشارة الناجمة عن إدخال العنصر في خط الاتصال ويعرف أيضاً بالفقدان "Feed Through".

Interlaced Scanning

المسح المتشابك: تقنية للمسح تؤمن حد أدنى من ارتعاش الصورة مع المحافظة على عرض الحزمة للقنال، حيث يجري مسح كل من الخطوط المفردة والمزدوجة في حقول منفصلة ومن ثم يتم تشكيل الصورة كاملة بجمعها معاً في إطار واحد.

IF (Intermediate Frequency)

التردد المتوسط: مجال تردد متوسط يتولد بعد خفض التردد في أي جهاز إلكتروني بما في ذلك مستقبل التوابع الصنعية. أغلب عمليات التكبير والمعالجة والترشيح تتم في مرحلة IF.

INTELSAT

الهيئة الدولية انتلسات: هيئة دولية للاتصالات عبر التوابع الصنعية تضم 154 بلداً، وهي تعمل بهدف رفع سوية الاتصالات الفضائية في العالم.

Intra Frame

إطار فيديوي في نظام MPEG-2 لضغط المعلومات يتم ترميزه بالرجوع فقط إلى المعلومات التي يحتويها.

Ionosphere

الطبقات العليا من الغلاف الجوي التي تكون مشحونة كهربائياً بالأشعة الشمسية وبذلك تكون قادرة على عكس إشارات الاتصالات عند ترددات معينة.

Isolator

العازل: أداة تسمح للإشارات بالمرور في اتجاه وتقوم بتخميدها بقوة في اتجاه آخر.

Isolation Loss

الفقدان بالعزل: كمية طاقة الإشارة المفقودة بين مدخل ومخرج عنصر.

ISDN (Integrated Service Digital Networks)

شبكة اتصالات هاتفية رقمية تستخدم 64 كيلوخانة/ثانية.

JPEG

نظام ضغط رقمي، تم استخدامه في رسومات الحاسب وقد اشتق منه نظام MPEG لضغط الصور المتحركة.

Kelvin Degrees (°K)

تدريجات كلفن للحرارة: هي الحرارة فوق الصفر المطلق، حيث تتوقف حركة جميع الجزيئات. يتم التدرج بالدرجات كما هو الحال بمقياس (°C) Celsius. الصفر المطلق يساوي 273°C - أو 459°F -.

KHz (Kilohertz)

كيلو هرتز: ألف دورة في الثانية.

Ku- band

حزمة Ku: هي حزمة الأمواج الميكروية المستخدمة في الإرسال عبر التوابع الصنعية والتي تغطي المجال من 11 و13 جيغا هرتز تقريباً.

Latitude

خط العرض: موقع مكان من سطح الأرض شمال أو جنوب خط الاستواء مقاساً بدرجات زاوية.

L-band

الطيف الترددي من 950 ميغاهرتز وحتى 2 جيغاهرتز.

Line splitter

مقسم إشارة: عنصر فعال أو غير فعال يقوم بتجزئة الإشارة إلى جزأين أو أكثر يحمل كل منها كل المعلومات الأساسية. المقسم غير الفعال يغذي الخرج بإشارة مخمدة، وأضعف من إشارة الدخل، بينما المقسم الفعال يقوم بتكبير الإشارة ليتغلب على الفقدان.

Local oscillator

الهزاز المحلي: عنصر يستخدم لتأمين تردد مستقر وحيد لخافض أو رافع تردد. يجري مزج إشارة المذبذب المحلي مع حامل الموجة لتغيير التردد.

Longitude

خط الطول: هو البعد شرقاً أو غرباً عن خط غرينتش، 0 ويقاس بالدرجات.

LNA (Low Noise Amplifier)

مكبر منخفض الضجيج: عنصر يقوم باستقبال وتكبير الإشارة الضعيفة المنعكسة بواسطة قرص الهوائي إلى المغذي البوقي (الإبرة). خصائص الضجيج لمكبر LNA في الحزمة C تعطى عادة كحرارة ضجيج مقاسة بدرجات كلفن، في حين يعبر عنها في الحزمة Ku برقم الضجيج وهو معطى بالديسيبل.

LNB (Low Noise Block Down Converter)

خافض التردد الكتلي ذو الضجيج المنخفض: مكبر ميكروي منخفض الضجيج يقوم بخفض كتلة ترددات مجتمعة من المجال الترددي إلى مجال ترددي متوسط، وغالباً ما يكون من 950 إلى 1450 ميغا هرتز أو من 950 وحتى 1750 ميغا هرتز.

LNC (Low Noise Converter)

خافض تردد منخفض الضجيج: هو مكبر منخفض الضجيج (LNA) وخافض تردد معاً في علبة محمية من العوامل الجوية. هذه الكتلة تقوم بتحويل تردد قنال واحدة فقط ويتم اختيار القنال بواسطة المستقبل. ويكون التردد المتوسط لهذه الكتلة عادة 70 ميغا هرتز

Macroblock

كتل مؤلفة من 16×16 نقطة ضوئية وكل منها مكوّن من أربع حزم 8×8 blocks نقطة ضوئية.

Magnetic Variation

التغير المغناطيسي: الفرق بين الشمال الحقيقي والشمال الذي تشير إليه البوصلة.

Master Antenna TV

هوائي رئيسي: يوجد في محطة الإستقبال الرئيسية هوائي أو أكثر ذو جودة عالية UHF و/أو VHF معد لتمرير الإشارات إلى التلفزيونات المنتشرة في المناطق السكنية المحيطة بمحطة الاستقبال.

Match

الملاءمة: هي الحالة التي يتم فيها إرسال كامل الاستطاعة المتوفرة دون أي تخميد بسبب الانعكاسات من عنصر إلى آخر.

Matching Transformer

محوّل ملاءمة: عنصر يستخدم لملاءمة الممانعة بين العناصر. يستعمل محول ملاءمة مثلاً لدى وصل خط محوري 75 أوم مع دخل تلفزيوني 300 أوم.

MHz (Megahertz)

ميغا هرتز: مليون دورة في الثانية.

Microprocessor

المعالج: وحدة المعالجة المركزية في الحاسب أو في نظام التحكم، ويتكون من دارة متكاملة وحيدة أو من عدة دارات.

Microwaves

أمواج ميكروية: المجال الترددي من 1 جيغا هرتز تقريباً وحتى 30 جيغا هرتز.

Mixer

المازج: عنصر يستخدم لجمع الإشارات مع بعضها البعض.

Modem (Modulator/Demodulator)

عنصر إلكتروني يقوم بتحويل معطيات تسلسلية من حاسب إلى إشارة صوتية يمكن إرسالها عبر الخطوط الهاتفية. تتكون الإشارة الصوتية عادةً من صمت (غياب معطيات) أو أحد من ترددين يمثلان 0 و 1 منطقي.

Modem boad rate

سرعة النقل بالموديم: وتسمى baud rate تتراوح من 75 وحتى 56.000 boad

Modulation

التعديل: عملية يتم فيها إضافة الرسالة أو تضمينها إلى حامل الموجة، ومن بين طرق أخرى، يمكن أن يتم ذلك بتعديل ترددي أو مطالي، يعرف بالتسمية FM أو AM على الترتيب.

Monochrome

التلفزيون العادي: صورة تلفزيونية بالأسود والأبيض.

Motion-Compensated Residual

الفرق البسيط نسبياً بين كل حزمة block متوقعة وحزمة حالية في نظام الضغط MPEG-2.

Mount

حامل الهوائي: هو شكل لحمل هوائي المحطة الأرضية، والحامل القطبي، والحامل AZ-EL هما الأكثر استخداماً.

MPEG-1

نظام ضغط لمسح متدرج للوسائط مثل النصوص، الأشكال والأفلام.

MPEG-2

نظام ضغط لمسح متداخل للوسائط كما في الارسال والاستقبال التلفزيوني.

Multiple analog component

نظام MAC للإرسال: طريقة مبتكرة للإرسال التلفزيوني يتم فيها فصل المعطيات وعناصر اللون والإضاءة ومن ثم ضغطها وإرسالها تتابعياً من خلال مسح خط تلفزيوني واحد. وهناك عدداً من الأنظمة المستخدمة حالياً أو قيد التطوير، من بينها A-MAC، B-MAC، C-MAC، D-MAC، D2-MAC، E-MAC وF-MAC

Multiplexing

التعدُّد: نقل إشارتين أو أكثر في ذات الوقت على قنال اتصال

واحدة. إن الفصل بين إشارات اللونية والإضاءة هو شكل من أشكال التعدد والمعروف بالتعدد الترددي. ويستخدم نظام MAC المتعدد المتقابل ذو التقسيم الزمني.

N-Connector

الوصلة N: هي وصلة لناقل محوري قليلة الفقدان، تستخدم في الحزمة الترددية C

NTSC (National Television Standards Committee.)

اللجنة الوطنية لمعايير التلفزيون وهي التي أوجدت المعايير للإرسال التلفزيوني في أمريكا الشمالية.

NTSC Color Bar pattern

الشكل الاختباري للألوان: هو شكل قياسي مؤلف من ستة خطوط متجاورة تتضمن الألوان الثلاثة الرئيسية وثلاثة ظلال متممة لها.

Negative picture phase

طور الصورة السالبة: وضعية إشارة الفيديو المركبة بحيث يكون الحد الأعظمي من مستوى نبضات التزامن هو المطال 100%، وتكون إشارات الإضاءة الأكثر لمعاناً في الاتجاه المعاكس السالب.

Negative picture Transmission

إرسال الصورة السالبة: نظام إرسال مستخدم في أمريكا الشمالية ودول أخرى، يتم خلاله خفض إضاءة المشهد الأصلي مما يسبب زيادة في النسبة المئوية لتعديل حامل الصورة. وعند كشف التعديل، تكون الإشارات ذات نسبة التعديل الأعلى ذات جهد موجب أعلى أيضاً.

Noise

الضجيج: إشارة غير مرغوب بها تتداخل مع المعلومات المستقبلة، ويعبر عن الضجيج بدرجات كلفن أو بالديسيبل.

Noise Figure

رقم الضجيج: هو نسبة استطاعة الضجيج الفعلية المتولدة عند دخل مكبر إلى تلك التي يمكن أن تتولد من مقاومة مثالية، وكلما كان رقم الضجيج أقل، كلما كان الأداء أفضل.

Noise Temperature

حرارة الضجيج: هي كمية الضجيج الحراري المتولدة في نظام أو عنصر. وكلما كانت أقل كلما كان الأداء أفضل.

Odd Field

الحقل المفرد: نصف الإطار لمسح تلفزيوني مؤلف من الخطوط المفردة فقط.

Offset angle

زاوية الإنحراف: الانحراف بالدرجات عن محاور التناظر لعاكس الهوائي ذو القطع المكافئ.

Offset Feed Antenna

هوائي ذو المغذي المحروف: الهوائي ينحرف فيه محرق العاكس ويستخدم جزء من القطع المكافئ بحيث يكون المحرق بعيداً عن المركز.

Orthomode Coupler

رابط متعامد: هو عنصر مشكل من دليل موجة، ذو ثلاثة مداخل عموماً، يسمح باستقبال إشارات ذات استقطاب أفقي وعمودي، ويكون الدخل عبارة عن دليل موجة دائري، والخرجين هما دلائل موجة مستطيلة الشكل.

OSI (Open System Interconnection)

وصلة النظام المفتوح: يتكون نموذج OSI من سبع طبقات هي: الطبقة الفيزيائية، طبقة وصلة المعطيات، طبقة الشبكة، طبقة النقل، طبقة التسجيل، طبقة التمثيل، طبقة التطبيقات.

P Frame

إطار P: إطار متوقع لإشارة الفيديو في النظام MPEG-2 والذي يتم ترميزه اعتماداً على معطيات الصور السابقة.

Packet

رزمة: سلسلة من أرقام ثنائية ذات طول محدد، تتضمن جزءاً من رسالة كاملة. في كل منها رأس وفاحص جمع. ويتم إرسالها بصورة مستقلة وبطريقة التخزين والدفع إلى الأمام.

PCM (Pulse Code Modulation)

تعديل رمزي نبضي: تقنية ترميز حيث تكون إشارة الدخل ممثلة بعدد ثابت من العينات ذات العرض المحدد في الثانية.

PAL (Phase Alternate Line)

نظام (PAL): نظام إرسال أوربي مشتق من النظام NTSC الأمريكي.

Phase Noise

عدم استقرار الإشارة الراديوية اللحظي.

Pad

قاعدة: قاعدة لحمل الهوائي.

Path Loss

الفقدان بالمرور: الفقدان الذي تقاسي منه الإشارة لدى مرورها في مسار بين نقطتين. والفقدان يتناسب طرداً مع مربع المسافة المقطوعة.

Parabola

قطع مكافئ: شكل هندسي له خاصية عكس جميع الإشارات الواردة بشكل موازي لمحوره إلى نقطة واحدة هي نقطة المحرق.

pay-per-view

دفع مع كل مشاهدة: طريقة لشراء البرامج على مبدأ البرنامج الواحد.

Persistence of vision

استمرارية الرؤية: الظاهرة الفيزيولوجية، حيث تحتفظ العين البشرية بإدارك الصورة لوقت قصير بعد اختفاؤها.

Phase

الطور: هو قياس الوضع النسبي لإشارة مقارنة بوضع مرجعي مقدراً بالدرجات.

Phase Distortion

تشويه الطور: انزياح يحدث حين يكون الطور لمكبر لا يتناسب مع التردد في مجال تمرير الحزمة حسب التصميم.

Picture Details

تفاصيل الصورة: عدد عناصر الصورة المتباينة على الشاشة التلفزيونية. وكلما ازداد عدد عناصر الصورة، كلما ازدادت وضوحاً.

PID

رقم المطابقة لإشارة الفيديو ويستخدم لمعرفة مكان توضع إشارة قنال معينة ضمن سيل معطيات

Pixel

عنصر صورة

Planar Array

هوائي لتابع صنعي مسطح، مكون من عناصر طنانة موصولة كمجموعة لتعمل بنفس الطور وذلك بهدف التقاط الإشارة الواردة.

Polar Mount

حامل الهوائي: قاعدة هوائي تسمح بمسح جميع التوابع الصنعية في القوس المستقر بحركة على محور واحد.

Polarisation

الاستقطاب: من خصائص الموجة الكهراطيسية. وتستخدم أربعة اتجاهات للاستقطاب في الإرسال الفضائي وهي الأفقي والشاقولي، والدائري اليميني والدائري اليساري.

Positive picture phase

طور الصورة الموجبة: وضعية الإشارة المركبة بحيث يكون الحد الأعظمي من مستوى نبضات التزامن عند جهد الصفر، وعندها تكون الإضاءة الأكثر لمعاناً من أجل الجهد الموجب الأعلى.

Preamplifier

المكبر الأولي: هي المرحلة الأولى للتكبير، وفي نظام استقبال التابع الصنعي، إنها المكبر المجاور للهوائي بهدف رفع مستوى الإشارة الضعيفة قبل معالجتها.

Pre-emphasis

رفع مستوى الذروة: هي الزيادة في مستوى مركبات الترددات الأعلى من الإشارة المعدلة ترددياً قبل الإرسال، ومتى استخدمت هذه التقنية بالتوافق مع الكمية الصحيحة من خفض الذروة عند المستقبل فإن النتيجة تكون التخلص من الضجيج العالي الملتقط أثناء الإرسال مع تعديل ترددي FM.

Primary colors

الألوان الأساسية: الأحمر، الأخضر والأزرق.

Prime focus Antenna

هوائي ذو المحرق الأولي: قرص على شكل قطع مكافئ يكون فيه المغذي ومكبر الضجيج المنخفض LNA عند نقطة المحرق، أمام قرص الهوائي مباشرة.

Q Signal

إشارة Q: واحدة من إشارتي اللون في مركبة الفيديو مستخدمة لتعديل الحامل الثانوي نلون في نظام NTSC، إنها تمثل مجال اللون من الإصفر إلى الأخضر إلى البنفسجي.

Quantization

في نظام الضغط الرقمي MPEG، يتم تحويل أمثال الخوارزمية DCT إلى شكل أقل حجماً.

Radio frequency

ترددات *راديوية*: هي الترددات من 10 كيلو هرتز إلى نحو 100 جيغاهرتز، وهذه الحزمة مستخدمة من أجل الاتصالات التي يصنعها الإنسان.

Rain Fade

فقدان الإشارة بسبب الامتصاص وتأثير إزالة الاستقطاب لقطرات المطر في الغلاف الجوي.

Random Access

عملية البدء بقراءة وكشف ترميز سيل المعطيات في نقطة لا على التعيين.

Raster

البرغلة: هي شكل الإضاءة العشوائية التي تظهر على الشاشة عند اختفاء إشارة الفيديو.

Reed-Solomon

تقنية ترميز لتصحيح الأخطاء FEC، مستخدمة في جميع أنظمة الإرسال الفضائي.

Reed Switch

مفتاح قصبة: مفتاح ميكانيكي يستخدم صفيحتين رقيقتين من المعدن داخل أنبوب زجاجي لتحقيق وصل وفصل التماس الكهربائي وبذلك يمكن تعداد النبضات المرسلة إلى التحكم بمخدم الهوائي. يضبط موقع الصفيحتين المعدنيتين بواسطة حقل مغناطيسي يولده قضيب أو أي نوع مغناطيسي آخر.

Reference Signal

الإشارة المرجعية: إشارة عالية الاستقرار تستخدم كمرجع لإشارات متغيرة أخرى يمكن مقارنتها ومعايرتها.

Return Loss

الفقدان بالارتداد: نسبة كمية الإشارة المرتدة إلى الإشارة الكلية المتوفرة عند مدخل عنصر إلكتروني مقدرة بالديسيبل.

Retrace

إطفاء خط المسح: إطفاء الخط الممسوح بحزمة الإشعاع لأنبوب الصورة أثناء انتقاله من نهاية المسار الأفقي إلى بداية خط أفقي آخر أو بداية حقل.

(SAW) Surface Acoustic Wave

الموجة الصوتية السطحية: موجة صوتية تنتقل على سطح مصقول ضوئياً لمادة كهروضغطية piezoelectric. وتنتقل هذه الموجة بسرعة الصوت ولكنها تمرر ترددات تصل إلى بضعة جيغا هرتز.

SAW (Surface Acoustic Wave) Filter

مرشح *SAW*: مرشح من جسم صلب يحقق انتقال حاد بين الترددات المرسلة والمخمدة.

S-Video

خرج ناقل معياري لإشارات الفيديو يستخدم وصلة ذات 4 ملامس لربط مرشح غايته فصل إشارة الإضاءة Y وإشارة اللون C.

Satellite Receiver

مستقبل التوابع الصنعية: هو جهاز إلكتروني يوضع داخل المحطة الأرضية يقوم بخفض التردد ومعالجة وتحضير إشارة التابع الصنعي للرؤية أو السماع.

Scalability

الترتيب التدريجي: إمكانية كاشف الترميز لترتيب مجموعة من الخانات في تتابع معين وتسمى مجموعة الخانات الأولى "الطبقة الأساسية" وكل من المجموعات الأخرى "بالطبقات المعززة"

Scanning

المسح: عملية منظمة لتحريك حزمة الإلكترونات في أنبوب الصورة التلفزيونية بحيث يرسم مشهد كامل من سلسلة من الخطوط الأفقية المتتابعة والمرتبطة بفترات إخفاء أفقية وشاقولية.

Scrambling

التعمية: طريقة يتم فيها تبديل شكل إشارة الصورة أو الصوت بحيث يحجب استقبالها عن الأشخاص الغير مرخص لهم بذلك.

Screening

الغربلة: معدن، أو مادة طبيعية تحجب إشارات التداخل الأرضي من دخول الهوائي، أو حجاب معدني يمنع الإشارات الراديوية من دخول دارة إلكترونية.

Serrated Vertical Pulse

النبضة الشاقولية المسننة: هي نبضة التزامن الشاقولي المشرشرة والمسننة إلى ست قطع، تحدث هذه النبضات المصغرّة عند تردد يساوي ضعف تردد المسح الأفقي.

Serveo Hunting

اهتزاز *المخدّم*: هو البحث مع اهتزاز اللاقط وذلك عند استعمال ناقل غير مناسب لحساس التحكم، مما يؤدي إلى جهد غير كافٍ للمغذي البوقي.

SECAM (Sequence With Memory)

نظام إرسال تلفزيوني أوربي، ذو 625 خطاً، نسبة طول الصورة إلى عرضها 3:4 ومعدل إطار يساوي 50 هرتز.

Seed

المفتاح "البزرة": عنصر في الإشارة المشفرة، يستخدم لتأمين التزامن بين المرمز وكاشف الترميز.

SID (sound identification)

رقم تعريف الصوت ويستخدم لتحديد موقع قنال الصوت ضمن سيل المعطيات DVB-Compliant

Side lobe

الفص الثانوي: معامل لتقدير إمكانية هوائي لالتقاط إشارات خارج محوره، وكلما كانت الفصوص الثانوية أعرض، كلما ازدادت كمية الضجيج وإشارات التداخل التي يلتقطها الهوائي.

SCPE (Single Channel Per Carrier)

قنال واحدة مع كل حامل: نظام إرسال عبر التوابع الصنعية. يستخدم حامل منفصل لكل قنال على عكس نظام التقسيم الترددي الذي يراكب عدة أقنية على حامل واحد.

SNR (Signal - to - Noise Ratio)

نسبة الإشارة إلى الضجيج: نسبة استطاعة الإشارة إلى استطاعة الضجيج في حزمة تمرير معينة، وتقدر بالديسيبل.

Slice

سلاسل من كتل macro block المعطيات.

Skew

انحراف اللاقط: الانحراف عن الاستقطاب الأفقي أو الشاقولي الحقيقي عن موقع الاستقبال وهذا الانحراف هو تعبير للدلالة على ضرورة ضبط اللاقط حين البحث عن التوابع الصنعية.

Slant Range

مسار الإشارة: المسافة التي تقطعها الإشارة من التابع الصنعي إلى المستقبل المنزلي.

Smart Card

بطاقة ذكية: أسلوب تحصين إلكتروني (ECM) موجود ضمن وسط فيزيائي قابل للنقل ويستخدم في أنظمة الوصول الشرطي (CA).

snow

الضجيج الثلجي: ضجيج الفيديو أو الوميض الناتج عن نسبة إشارة إلى ضجيج ضعيفة عند دخل المستقبل التلفزيوني.

Solar outage

انقطاع الاستقبال الشمسي: فقدان الاستقبال الذي يحدث حين تكون الشمس خلف التابع الصنعي مباشرة. حينئذٍ يحجب الضجيج الشمسي إشارة التابع الصنعي وينقطع الاستقبال.

sparklies

الوميض: بقع صغيرة باللون الأسود و/أو الأبيض على شاشة التلفزيون تشير إلى ضعف نسبة الإشارة إلى الضجيج، ويعرف أيضاً بالضجيج الثلجي.

Spherical Antenna

هوائي كروي: نظام هوائي يستخدم جزء من عاكس كروي لتركيز إشارة أو أكثر لتابع صنعي.

splitter

مقسم استطاعة: عنصر يقوم بقسمة إشارة إلى اثنتين أو أكثر متشابهتين تماماً ولكن باستطاعة أقل.

Standard C-band

الحزمة C المعيارية: طيف الترددات من 3.7 وحتى 4.2 جيغاهرتز.

Subcarrier

حامل ثانوي: إشارة منقولة ضمن حزمة تمرير لإشارة أقوى. ففي الإرسال عبر التوابع الصنعية، يستخدم غالباً الحامل الثانوي لصوت ذو التردد 6.8 ميغا هرتز لتعديل حامل الحزمة C، وكذلك في التلفزيون يستخدم الحامل الثانوي 3.35 ميغا هرتز لتعديل حامل الفيديو لكل قنال.

Subsatellite Point

بقعة على خط الاستواء يقع فوقها تابع صنعي أو أكثر.

synchronizing pulses

نبضات التزامن: نبضات تضاف إلى إشارة الفيديو المركبة وتستخدم لجعل مسح الصورة يتوافق تماماً مع المسح لدى التصوير بالكاميرا التلفزيونية.

TVRO Television Receive - only

محطة الاستقبال التلفزيوني فقط: محطة استقبال أرضية مخصصة للاستقبال فقط وليس للإرسال.

Tap

منفصل: عنصر يقوم بنقل كمية معنية من القدرة إلى خرج ثانوي بعيداً عن نظام التوزيع الرئيسي.

(TI) Terrestrial Interference

تداخل أرضي: تداخل بين أمواج ميكروية من اتصالات أرضية مع إشارات لتوابع صنعية.

Tilt

الضياع: تخميد الإشارة المرسلة أثناء عبورها لناقل محوري. ويزداد التخميد عموماً مع ازدياد التردد.

thermal Noise

الضجيج الحراري: ضجيج عشوائي، وهو إشارة غير مرغوبة تنتج عن حركة الجزيئات.

Trace

العتبة: حركة حزمة الإلكترونات من اليسار إلى يمين الشاشة التلفزيونية أو راسم الإشارة.

Threshold

أثر الحزمة الإلكترونية: هي أدنى نسبة إشارة إلى ضجيج مطلوبة عند الدخل (C/N) تسمح لمستقبل بإظهار صورة مقبولة. وهي تكافئ معدل خطأ الخانة (BER) في المستقبلات الرقمية وأجهزة IRDS.

transponder

مجيب: مكرر لأمواج ميكروية، يقوم باستقبال، تكبير، خفض تردد وإعادة إرسال إشارات من تابع صنعي للاتصالات.

Trap

مرشح منع حزمة: عنصر إلكتروني يعمل على تخميد حزمة ترددات معينة، ويسمى أيضاً مرشح "notch".

(UHF) Ultrahigh frequencies

ترددات (UHF): مجال ترددات من 300 وحتى 3.000 ميغا هرتز، وهذه تغطي الأقنية من 14 وحتى 83 في أمريكا الشمالية والأقنية من 21 وحتى 69 في التلفزيون الأوروبي.

Up converter

رافع التردد: عنصر لزيادة تردد الإشارة المرسلة.

Up.Link

الوصلة الصاعدة: تجهيزات المحطة الأرضية والهوائي التي ترسل المعلومات إلى التابع الصنعي للاتصالات.

(VHF) Very High Frequencies

ترددات (VHF): مجال ترددات من 30 وحتى 300 ميغا هرتز، وهذا المجال يغطي الأقنية من 2 إلى 13 في نظام NTSC التلفزيوني.

VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

نسبة الأمواج المستقرة للجهد: النسبة بين الجهد الأعظمي والأصغري على خط نقل والقيمة المثالية هي 1.0. إن ازدياد VSWR يؤدي إلى وجود طيف للصورة. وهي تعبر أيضاً عن نسبة الاستطاعة المرتدة إلى الاستطاعة الكلية التي ترد إلى العنصر.

Vertical Blanking Pulse

نبضة الإطفاء الشاقولي: نبضة تستخدم أثناء فترة الإطفاء الشاقولي عند نهاية مسح الحقل وظيفتها وقف الحزمة الإلكترونية عن الإشعاع.

Vertical Sync Pulse

نبضة التزامن الشاقولي: سلسلة من النبضات التي تحدث أثناء فترة الإطفاء الشاقولي لتحقيق التزامن بين عملية المسح على الشاشة مع المسح الذي تم في مكان التصوير.

Video Sequence

سلسلة من صورة أو أكثر

Video Signal

إشارة الفيديو: جزء من الإشارة التلفزيونية المرسلة والتي تحمل معلومات الصورة.

VLC (Variable - Length Coding)

تقنية ترميز تأخذ فيها الأحداث المتكررة رموز لكلمات قصيرة والأحداث قليلة التكرار رموز لكلمات أطول.

VTO (Voltage Tuned Oscillator)

مذبذب متحكم به بالجهد: دارة إلكترونية يمكن ضبط تردد الخرج للمذبذب فيها عن طريق الجهد. وتستخدم في خافض التردد ومستقبل التابع الصنعي لاختيار القنال المطلوبة.

Video Monitor

شاشة إظهار فيديو: تلفزيون يقبل إشارات غير معدّلة ويعيد توليد الإشارة الأصلية.

X-band

طيف الترددات من 7 وحتى 8 جيغاهرتز

Zigzag Scanning

ترتيب أمثال تابع التحويل DCT من الترددات المنخفضة إلى الترددات الأعلى.

جدول المحتويات

❹ المضخمات ذات الضجيج المنخفض وخفض التردد 37

❺ خطوط النقل والموصلات 47

❻ التحكم بالهوائي 55

❼ وحدات التغذية 63

⑧ دارات التردد المتوسط 73

⑨ معالجة الإشارة المرئية 81

⑩ معالجة الصوت 97

⑪ معدلات الترددات الراديوية 109

19 أنظمة التعمية الرائدة 201

20 دراسة أمثلة عملية 209

21 شبكة الإنترنت والأقمار الاصطناعية 235

22 التلفزيون عالي التعريف HDTV 243

23 نظام الهوائي الرئيسي في التلفزيون الرقمي SMTV 247

24 إنشاء طاولة اختبار 253